This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

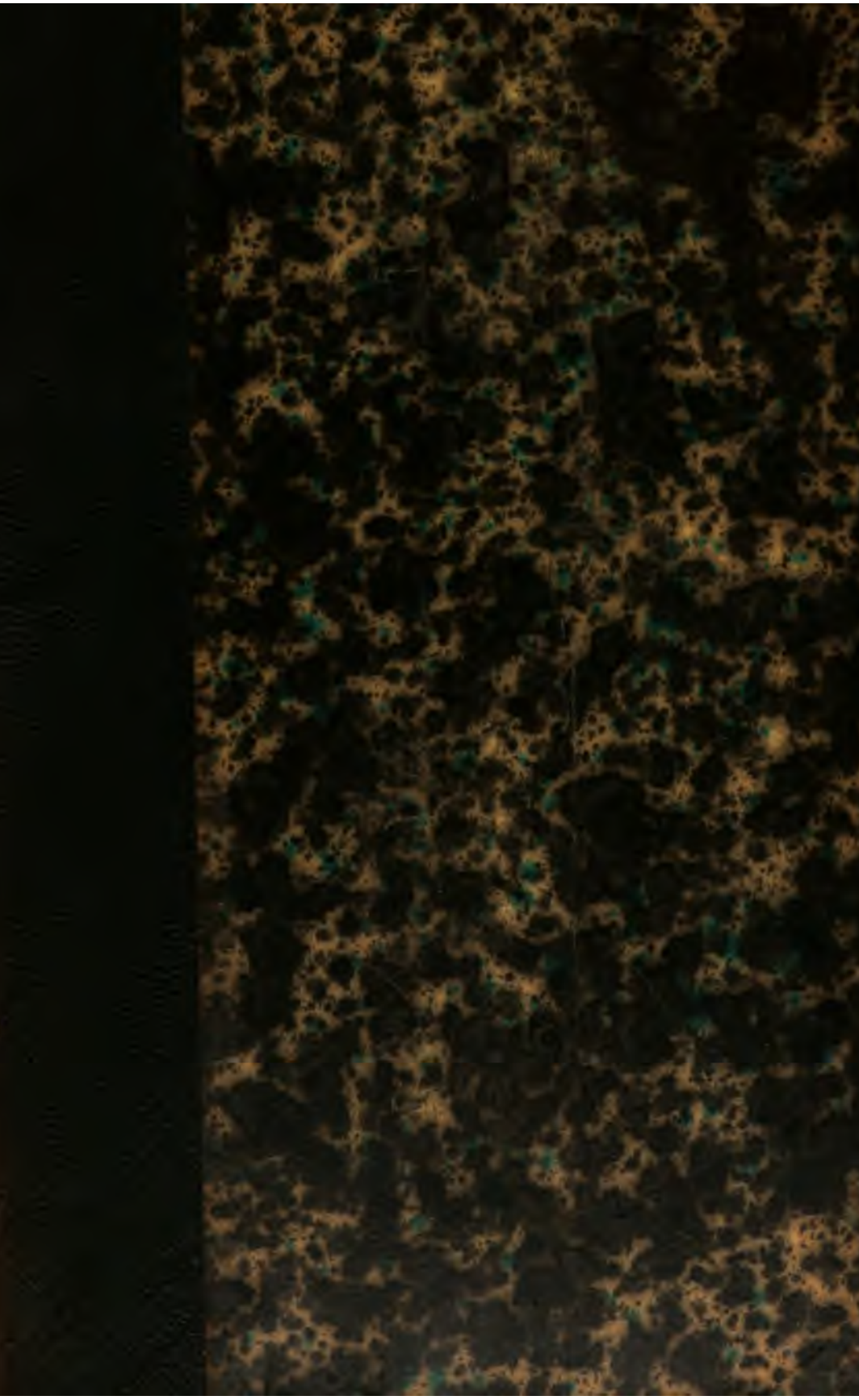
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

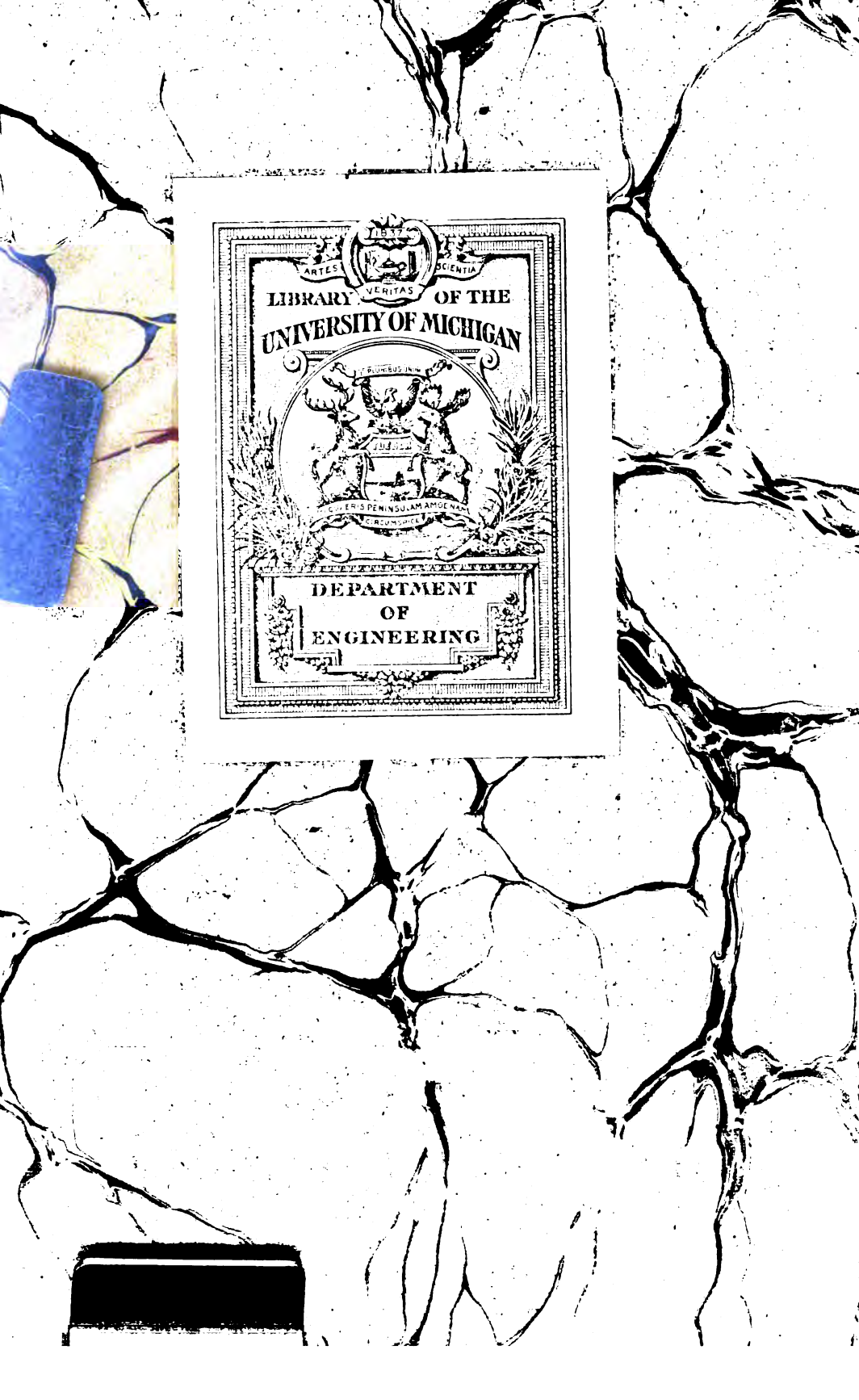
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

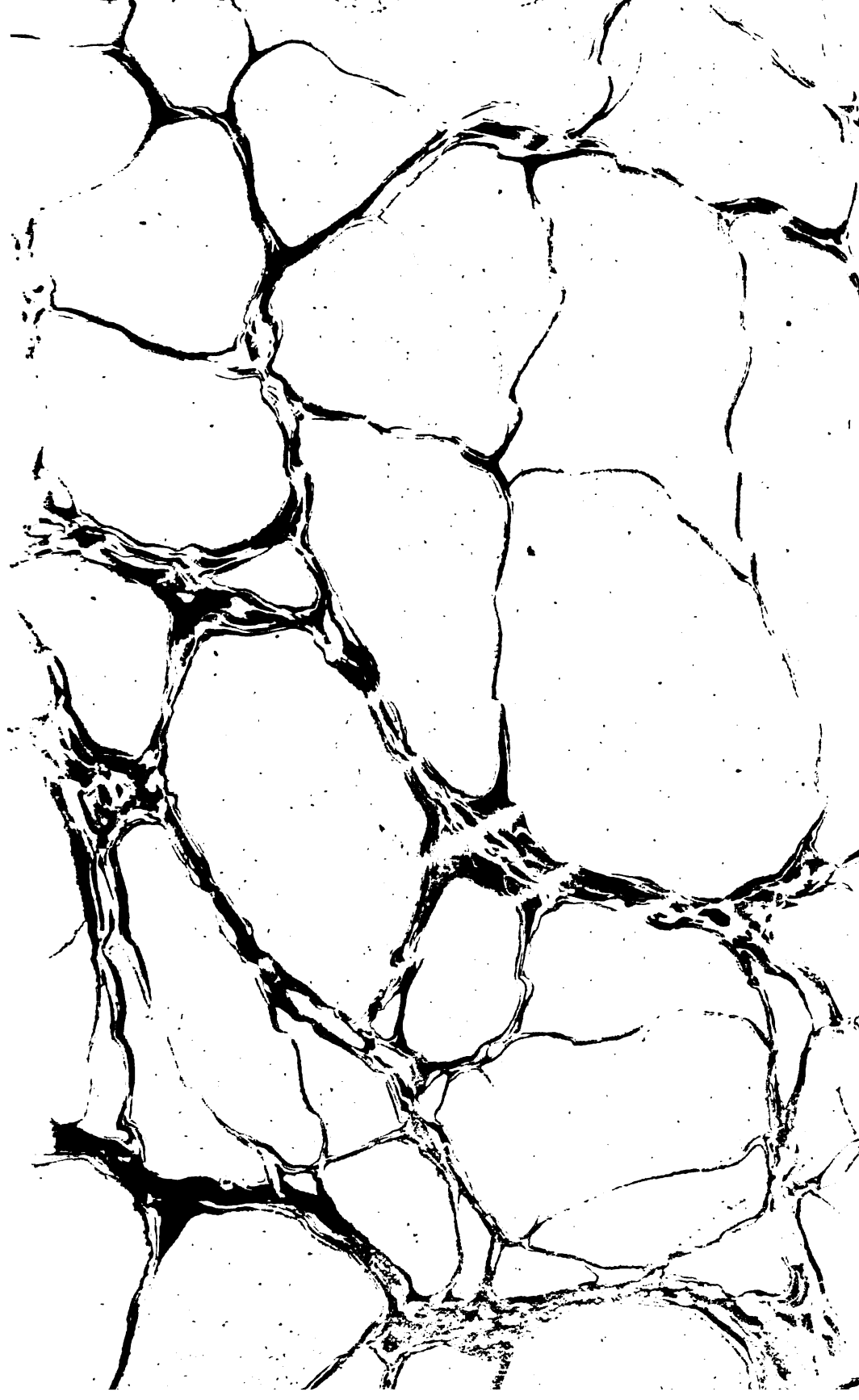
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`




ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



TA
2
S68
ENGINEER

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1896

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1896

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1896

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1896

N° 1

Sommaire des séances du mois de janvier 1896 :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité.* — Discours de MM. L. Appert et L. Molinos (Séance du 10 janvier), pages 7 et 28;

2° *Frein électro-pneumatique de M. Chapsal.* Lettre de M. G. Lesourd en réponse à la lettre de M. Walter Strapp (Séance du 10 janvier), page 34;

3° *Décès* de MM. B. Bianchi, Ch.-F. Dietz-Monnin, E. Morandiere, Albert Moreau, A.-E. Perrault, Ch. Pinel (Séance du 10 janvier), page 35;

4° *Décorations et nominations* (Séances des 10 et 24 janvier), pages 35 et 40;

5° *Nomination de MM. A. Gottschalk et P. Sazerac, comme membres du Conseil du Réseau de l'Etat* (Séance du 10 janvier), page 35;

6° *Nomination de MM. L. Delaunay-Belleville, Fayol, A. Gottschalk, F. Reymond et X. Rogé, comme membres du Comité consultatif des Chemins de fer* (Séance du 10 janvier), page 35;

7° *Nomination de MM. A. Gottschalk, E. Mayer, E. Pontzen et F. Reymond, comme membres du Comité technique de l'exploitation des Chemins de fer* (Séance du 10 janvier), page 35;

8° *Prix Fourneyron, décerné à M. G. Marié, par l'Académie des Sciences* (Séance du 10 janvier), page 35;

163393

9° *Egouts de la ville de Mexico* (Réfection des). — Communiqué de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes (Séance du 10 janvier), page 36;

10° *Adjudication de travaux métalliques faisant partie de l'écluse d'entrée au Donau-Canal (bras du Danube), à Vienne.* Lettre de M. le chevalier Th. de Goldschmidt (Séance du 10 janvier), page 36;

11° *Pli cacheté déposé par M. Armand-Charles Barre, le 20 décembre 1895* (Séance du 10 janvier), page 36;

12° *Congrès de Carthage, qui se tiendra les 1er, 2, 3 et 4 avril 1896.* Lettre de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences (Séance du 10 janvier), page 36;

13° *Congrès des Sociétés Savantes, qui doit avoir lieu le 7 avril 1896.* Lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes (Séance du 10 janvier), page 36;

14° *Hôtel de la Société* (Communication à la Société des projets du nouvel), par M. F. Delmas, architecte de la Société (Séances des 10 et 24 janvier), pages 37 et 46;

15° *Acétylène et son emploi à l'éclairage domestique* (l'), par M. G. Trouvé (Séance du 10 janvier), page 37;

16° *Médaille commémorative à l'occasion du 25e anniversaire de l'introduction du procédé Martin Siemens en Russie, décernée à M. F. Valton, par la Société des Ingénieurs des mines russes* (Séance du 24 janvier), page 40;

17° *Nomination des membres du Jury du prix Giffard* (Séance du 24 janvier), page 40;

18° *Forménophone* (Application des vibrations sonores à l'analyse de deux gaz de densité différente, au moyen de l'appareil dit), par M. E. Hardy et observations de M. H. Couriot et P. Gassaud (Séance du 24 janvier), page 41;

19° *Agriculture des colonies françaises à la côte occidentale d'Afrique* (l'), par M. J. Dybowski (Séance du 24 janvier), page 46;

Mémoires contenus dans le bulletin de janvier 1896 :

20° *Mémoire sur le poinçonnage et le cisaillement des métaux*, par M. Ch. Frémont, page 48;

21° *Analyse du Rapport de la Commission chargée d'étudier les divers systèmes de traction par l'électricité*, par M. G. Dumont, page 116;

22° *Notice nécrologique sur M. E.-A. Morandiere*, par M. E. Polonceau, page 119;

23° *Chronique* n° 193, par M. A. Mallet, page 122,

24° *Comptes rendus* — page 133;

25° *Bibliographie* — page 143;

26° *Liste des publications périodiques reçues par la Société, au 1er janvier 1896*, page 149.

Pendant le mois de janvier 1896, la Société a reçu :

35761 — De M. F. Launay. *L'Assainissement de la ville de Berlin en 1894*, (in-8° de 47 p. avec 3 pl.). Paris, Annales des Ponts et Chaussées, 1895.

35762 — Du Ministère des Travaux Publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1893. Documents divers. 2e partie. France, Intérêt local, Algérie et Tunisie.* Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35763 — De MM. Gauthier-Villars et fils, Éditeurs. *La Topographie*, par le Lieutenant-Colonel P. Moëssard (petit in-8° de 203 p.). Paris, Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, 1895.

35764 — De M. Bernardo Puig. *Nota relativa á las condiciones y capacidad de resistancia de las vias estrechas y especialmente de la de 0m.750*, (grand in-8° de 72 p.). Barcelona, 1895.

35765 — De M. N.-A. Belelubsky (M. de la S.). *Bericht über die Thätigkeit Mechanischen Laboratoriums am Institute der Wegebau-Ingenieure Kaiser Alexander I in St-Petersburg im Studienjahre 1893-94*, von N.-A. Belelubsky und C. Philipp (in-4° de 10 p.). Riga, 1895.

35766 — De M. A. Fteley. *New-York City. Report to the Aqueducs Commissioners*, by the President, James C. Duane, containing Reports of the Secretary Edward L. Allen and of the Chief Engineer Alphonse Fteley (grand in-4° de 104 p. avec 51 illustrations et 69 pl.). New-York, 1887-1895.

35767 à 35772 — Du Ministère du Commerce et de l'Industrie. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844*, publié par les ordres du Ministre du Commerce et de l'Industrie. Tome LXXXII, 1re et 2e parties (nouvelle série), année 1892. Tome LXXXIII, 1re, 2e et 3e parties (nouvelle série), année 1893. Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35773 — De M. Belleville. *Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1893 et Résumé.* Pau, Garet, 1895.

35774 — De la Commission internationale du Congrès des chemins de fer. *Congrès international des chemins de fer. Cinquième session, Londres, juin-juillet 1895. Compte rendu sommaire* (in-8° de 364 p.). Bruxelles, 1895.

35775 — De M. E. Chouanard (M. de la S.). *Catalogue général de E. Chouanard. Aux Forges de Vulcain* (in-8°). Rennes, Oberthur, 1895.

35776 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Sur les brevets d'invention* (in-8° de 6 p.). Paris, Association Française pour l'Avancement des Sciences, 1895.

35777 — De M. Ed. Caspari. *Adolphe Noblot, 29 août 1816-12 juillet 1895* (in-8° de 21 p.). Paris, Gauthier-Villars.

35778 — De M. H. Bunel (M. de la S.). *Rapport à Monsieur le Préfet de Police sur la revision de l'Ordonnance de 1875 concernant les incendies* (in-8° de 243 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1895.

35779 et 35780 — De Königliche Akademie des Bauwesens. *Mittheilungen über Nord-Americanisches Wasserbauwesen*, von Roloff (in-4° de 106 p. avec atlas in-folio de 23 pl.). Berlin, 1895.

35781 — De MM. Pierre Jolibois (M. de la S.) et Pierre Vicq, Éditeur. *Bois et Métaux*, par Eugène Aucamus (in-8° de 335 p.). (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

35782 — De California State Mining Bureau. *The Cyanide Process*, by Dr. A. Scheidel (in-8° de 133 p.) (Bulletin n° 5 of the California State Mining Bureau). Sacramento, 1894.

35783 — Dito. *California Gold Mill Practices*, by Ed. B. Preston (in-8° de 85 p.) (Bulletin n° 6 of the California State Mining Bureau). Sacramento, 1895.

35784 — Dito. *Showing by Counties the Mineral Productions of California for the year 1894*, by Charles G. Yalé (Bulletin n° 7 of the California State Mining Bureau) (une feuille).

35785 — Dito. *California State Mining Bureau. Twelfth Report of the State Mineralogist (Second Biennal) two years ending September 15, 1894* (in-8° de 541 p.). Sacramento, 1894.

35786 — Du Ministère des Travaux Publics. *VIe Congrès de navigation intérieure tenu à La Haye en 1894. Rapports des délégués français sur les travaux du Congrès* (in-8° de 250 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35787 — De Przeglad Techniczny. *Badania nad Sztywnoscia Pretow Sciskanych*, par Feliksa Jasinskiego (petit in-8° de 137 p. avec 3 pl.). Warszawa, 1895.

35788 et 35789 — De MM. E. Bernard et Cie, Éditeurs. *Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893. 6e partie : L'agriculture et les machines agricoles aux États-Unis*, par M. Ch. Grille en collaboration avec M. G. Lelarge (grand in-8° de 177 p. avec atlas grand in-4° de 64 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

35790 — De l'Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France. *Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France. Exercice 1894-1895. XIIe Bulletin.* Lille, L. Danel, 1895.

35791 — De M. R. Abt (M. de la S.). *Betriebsergebnisse auf Adhaesion und Zahnstange.* Studie von Roman Abt (grand in-8° de 28 p. avec 1 pl.). Luzern, 1896.

35792 — Dito. *Zahnradbahnen*, von Roman Abt (grand in-8° de 12 p. avec 1 pl.). Wien, 1895.

35793 à 35798 — De M. P. Cottancin (M. de la S.). *Documents relatifs aux travaux en ciment avec ossature métallique* (6 pièces).

35799 — De M. P. Villain (M. de la S.). *L'Exposition et ses moyens de transport. Lettre au Conseil municipal* (grand in-8° de 63 p. avec 6 pl.). Paris, Bernard et Cie, 1895.

35800 — De M. L. Lockert (M. de la S.) *Traité des véhicules automobiles*, par Louis Lockert. Second volume. *Les Voitures à vapeur.* (petit in-8° de 247 p.). Paris, Touring-Club de France, 1896.

35801 — De M. E. Haerens. *De la résistance vive des poutres sous l'action brusque ou au passage des charges* (in-8° de 79 p. avec 4 pl.). Gand, 1895.

35802 — De M. Ch. Chancerel (M. de la S.) *Flammarionide* (in-8° de 104 p. manuscrites). Paris, 1895.

35803 — Du Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes du Royaume de Belgique. *Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine du Royaume de Belgique. Compte rendu des opérations pendant l'année 1894.* Bruxelles, 1895.

35804 et 35805 — Du Ministère des Travaux publics. *Service hydrométrique du bassin de la Seine. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1894 et Résumé.* Versailles, Aubert, 1895.

35806 et 35807 — De M. A. Dominois. *Traité pratique du calcul des ponts métalliques suivant les prescriptions du Règlement ministériel du 29 août 1891* (in-4° de 451 p. avec atlas même format de 38 pl. autog.). Paris, A. Genet, 1895.

35808 — De Mme Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.) éditeurs. *Mathématiques*, par G. Dariès (in-16 de 350 p.). (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics). Paris. Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

35809 — De M. Th. Michaëlis (M. de la S.). *Spoorwegbruggen over de Hoofdrivieren*, door Th. Michaëlis (in-8° de 93 p. avec 9 pl.). S'Gravenhage, 1895.

35810 — De l'Observatorio do Rio-de-Janeiro, par le Ministère de l'Instruction publique. *Observatorio do Rio-de-Janeiro. Méthode graphique pour la détermination des heures approchées, des éclipses du soleil et des occultations*, par L. Cruls (in-8° de 54 p.). Rio-de-Janeiro, 1894.

35811 — Dito. *Determinaçao das Posicões geographicas da Rodeio, Entre-Rios, Juiz-de-Fora, João Gomese Barbacena*, publicada por L. Cruls (in-4° de 57 p.). Rio-de-Janeiro, 1894.

35812 — De M. Lechalas père. *Étude sur l'espace et le temps*, par M. Georges Lechalas (in-18 de 201 p.). Paris, Félix Alcan, 1896.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1896, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

A.-P. Bergès,	présenté par MM.	Reymond, E. Chabrier, Bergès.
E.-J.-B. Calendini,	—	Bert, Charton, L. Rey.
M. Degeorge,	—	Bernheim, Casevitz, Roussel.
J.-F. Lafargue,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
A. Larnaude,	—	Frion, Compère, G. Leroux.
N. Mazen,	—	de Grièges, Decourt, Brodard.
F. Sá,	—	Baclé, Bel, Frémont.
B. Sincholle,	—	Appert, Richou, Allaire.

Comme Membres associés, MM. :

E. Hecht,	présenté par MM.	Carimantrand, Lévi, Mallet.
A. de Dion (comte),	—	Pérignon, Varennes, A. de Dax.
J.-A.-V. Robin,	—	Minder, E. Collin, Monvoisin.
E. de Zuylen de Nyevelt (baron)		Pérignon, Collin, Varennes.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 10 JANVIER 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. L. APPERT, Président sortant, prononce le discours suivant :

MES CHERS COLLÈGUES,

L'année qui vient de se terminer n'aura été pour notre Société ni moins féconde ni moins fructueuse que ses devancières ; les travaux qui y ont été présentés sont en nombre à peu près égal, leur importance n'en a pas été moindre, et les discussions auxquelles ils ont donné lieu ont été aussi intéressantes et aussi animées ; rien ne semblerait donc devoir la distinguer d'une façon particulière si un événement depuis longtemps prévu, et dont l'accomplissement était unanimement désiré par les conséquences que nous sommes en droit d'espérer pouvoir en tirer, n'était venu, presque à la veille du cinquantenaire de la fondation de notre Société, marquer une étape nouvelle dans les progrès réalisés par elle jusqu'ici d'une façon ininterrompue : je veux parler de l'aliénation de cet hôtel dans lequel nous avons vécu depuis plus de vingt années, et dans lequel notre Société a grandi et s'est développée.

La manifestation si imposante et si spontanée par laquelle vous avez, en si grand nombre, donné votre approbation aux décisions qui ont été la conséquence de cette mesure, et en même temps si largement procuré les moyens d'en opérer la réalisation, n'aura pas montré seulement quels liens étroits nous unissaient et quelle était la puissance dont nous saurions pouvoir disposer au besoin ; elle nous aura donné aussi une preuve de la confiance que vous aviez en ceux qui, élus par vous, avaient la mission d'en défendre les intérêts. Je crois devoir, en leur nom, et avant toute chose, au moment même où quelques-uns d'entre eux, désignés par le sort ou moins favorisés par le scrutin, viennent de résigner ces fonctions électives si justement recherchées, vous en remercier de la façon la plus sincère. *(Applaudissements.)*

MESSIEURS,

Avant de vous entretenir des travaux de l'année 1895 et de vous en faire en quelque sorte le bilan, je dois rappeler une dernière fois à votre mémoire les très nombreux Collègues dont nous avons eu à enregistrer le décès.

Notre Société a été cruellement éprouvée cette année, et le chiffre des pertes que nous avons ainsi subies est de beaucoup supérieur à la moyenne des années précédentes.

Parmi les soixante-huit membres ainsi disparus, un certain nombre s'étaient acquis une juste notoriété, tous jouissaient d'une estime méritée, tous ont droit à nos regrets :

M. A. Henriot était Ingénieur des Tramways de Loir-et-Cher.

M. Ch. de Montgolfier, continuant les traditions de sa famille, s'était distingué dans l'industrie du papier.

M. P. Gronsky, mort d'une façon tragique, était Directeur de la Société des grands Tramways de Saint-Pétersbourg.

M. A. Romme était attaché à la Compagnie du Nord depuis de longues années.

M. L. Jambille, Ingénieur-Métallurgiste distingué, était Directeur général de la Société des hauts fourneaux de Maubeuge et Président du Comité des Forges du Nord.

M. A. Olivier s'était occupé de questions les plus diverses touchant l'art de l'Ingénieur.

M. G. Loustau était le Doyen de notre Société et en même temps le plus ancien membre.

Il avait été nommé Trésorier honoraire de notre Société après en avoir été le Trésorier actif pendant près de quarante ans; M. du Bousquet, M. Godillot et moi avons rappelé à ses obsèques la carrière de cet homme de bien.

M. J.-J.-F. Fabre était Ingénieur des Mines.

M. A. Carcenat, Ingénieur à la Compagnie du Nord.

M. Ch.-E. Bataille, Inspecteur du matériel à la Grande Société des Chemins de fer Russes.

M. A.-T. Combes, Administrateur de plusieurs Sociétés industrielles.

M. S. Dunnett, Architecte, Chef des services des bâtiments de la Compagnie du Chemin de fer du Nord, connu par ses importants travaux.

M. N. Collange, Conducteur de travaux de la Société des Batignolles.

M. J. Deby, Ingénieur-Conseil de Mines.

M. H. Langlois, Directeur général de l'Institut d'Arts et Métiers de Fermo.

M. A. d'Eichthal était Président honoraire du Conseil d'administration de la Compagnie du Midi et Administrateur de nombreuses Sociétés financières.

M. A.-F. Collin a fait de nombreux et remarquables travaux d'horlogerie et de mécanique de précision.

M. O. André s'était occupé de travaux de construction métallique de travaux en bois.

M. Ch. Chayet avait dirigé pendant de longues années et avec succès les Forges et Ateliers de la Société de Commentry-Fourchambault.

M. Ch. Coustenoble était Directeur de Compagnies de chemins de fer en Grèce.

M. E. Joubert avait été un des fondateurs de la Banque de Paris et des Pays-Bas et Administrateur distingué de la Compagnie de l'Ouest et de plusieurs Compagnies de chemins de fer à l'étranger.

M. E.-R. Carrier-Jeuffroy avait été Ingénieur de la Banque de Construction de Rio de Janeiro.

M. A. Coste était Directeur d'ardoisières.

M. L.-A. Deffosse était Ingénieur de la Compagnie P.-L.-M.

M. le Comte E. Didierjean avait été longtemps Directeur général des Cristalleries de Saint-Louis; il s'était acquis à ce titre une réputation justifiée en France et plus tard en Allemagne.

M. P.-A. Marmiesse était Ingénieur en Chef des Forges et Chantiers de la Méditerranée, au Havre.

M. J.-A.-A. Vieillard était bien connu comme propriétaire et Directeur d'importantes faïenceries et verreries à bouteilles, à Bordeaux.

M. C.-F. Mathieu, d'abord Ingénieur aux usines du Creusot, en était devenu l'Ingénieur en Chef et le Directeur général.

M. R.-E.-J. Lambert était Directeur des Eaux des villes de Meaux, Condom et Laval.

M. H.-A. Buquet avait été Ingénieur au Canal de Suez et de plusieurs lignes de chemins de fer, en Italie.

M. E.-J.-B. Chauvel, habile manufacturier, ancien Président de la Chambre de commerce d'Évreux, a fait à notre Société un legs important.

M. M. Aivas a été l'un des fondateurs du Canal de Suez.

M. A.-J. Laborde s'était occupé des travaux de sucreries avec M. Dubrunfaut.

M. E. Laigle s'était occupé de travaux mécaniques et de chemins de fer.

M. A. Marchegay était membre du Conseil d'Hygiène du Havre.

M. A. Robin a été collaborateur de M. Michel Perret, puis constructeur d'appareils de chauffage.

M. J.-L.-A. Noblot, sénateur, propriétaire d'importantes filatures dans la Haute-Saône, avait été Vice-Président de la Société; il était très aimé et très estimé de tous ses collègues.

M. A. Durenne était maître de forges et a occupé une place importante dans l'industrie métallurgique.

M. F.-H. Barré était Inspecteur à la Compagnie du chemin de fer du Nord.

M. J. Chennevière a été Ingénieur successivement dans plusieurs maisons de construction.

M. A. Duseaux était industriel à Paris.

M. P. Ferrand, professeur bien connu à l'École des Mines d'Ouro-Preto (Brésil).

M. G.-A. Finol, ancien Ingénieur-Constructeur.

M. Tony Fontenay, ancien entrepreneur de travaux publics.

M. L. Goujon, Ingénieur du gouvernement chilien.

M. J.-E. Jantot, Ingénieur de la Chambre de Commerce de Rouen.

M. C.-E. Lejeune, Ingénieur aux chemins de fer de l'Ouest.

M. C. Piérart a été Directeur-Gérant de plusieurs établissements métallurgiques.

M. C. Simons, industriel important au Cateau, était fabricant de produits céramiques.

M. R.-H. Tweddell, Ingénieur hydraulicien.

M. E.-E. Hacquard, Ingénieur Civil.

M. J. Barrau, Ingénieur Civil à Barcelone.

M. O. Fauquet, filateur et agriculteur.

M. J. de Juanmartinena, Ingénieur Civil.

M. A. Darlot, ancien Président du Conseil municipal de Paris, était constructeur d'appareils de physique et de géodésie, directeur d'une maison importante.

M. B.-F.-N. de Mans était Ingénieur-Constructeur.

M. G.-L.-L. Fournier, fabricant de tulles à Calais.

M. F. Dehaynin, membre de la Chambre de Commerce, très connu et très estimé dans le haut commerce parisien.

M. C. Gibault, important entrepreneur de travaux publics, s'était fait connaître par d'ingénieuses inventions ayant reçu des applications industrielles nombreuses.

M. J.-E. Payet était Ingénieur de la Compagnie du Gaz de Rome.

M. H. Hermary, ancien agriculteur, a été l'un des premiers membres de notre Société et un de ses fondateurs.

M. G.-A. Cassagnes était directeur de plusieurs publications scientifiques.

M. E. Beaudet a été Sous-Directeur de la Compagnie de Fives-Lille.

M. E.-A. Boudier était constructeur de machines.

M. B. Detraux, Ingénieur de Chemins de fer et de Compagnies de navigation.

M. Thomas Elwell fils, Ingénieur mécanicien.

M. J. Bonnaterre s'était occupé de questions de sucreries, et s'est consacré plus spécialement à l'étude des industries agricoles et particulièrement de la distillerie.

Pour un grand nombre de ces Collègues regrettés, des notices nécrologiques, faites par leurs amis, nous ont été communiquées. Nous les avons fait insérer au *Bulletin*.

Enfin, Messieurs, comme Français et comme patriotes, nous avons pris part au deuil qui a frappé l'humanité entière, peut-on dire, par la mort de Louis Pasteur.

Nous l'avions, en 1884, nommé par acclamation membre honoraire de notre Société, et à ce titre nous perdons en lui l'un des membres les plus éminents parmi ceux que nous nous faisons un honneur de compter dans nos rangs.

Quoique n'étant pas Ingénieur, Pasteur a rendu à notre profession d'inappréciables services : l'application de ses découvertes et de ses doctrines à la prophylaxie des maladies infectieuses et à la recherche des moyens destinés à en éviter la transmission, en établissant sur des

bases nouvelles les règles de l'hygiène publique et privée, a ouvert aux Ingénieurs une voie nouvelle, jusque-là à peine tracée, dans laquelle ils ont pu rapidement faire l'application de leur science et de leurs connaissances.

Sous son égide, s'est formée cette phalange d'Ingénieurs sanitaires dont les services si justement apprèciés ne sont plus à compter; nous nous honorons d'en posséder parmi nous les nombreux et distingués représentants.

Les regrets que peut nous causer la perte de cet homme de génie ne peuvent être atténués que par l'espoir que ses Collaborateurs et ses élèves, aussi bien que ses auxiliaires, sauront continuer son œuvre en faisant des applications toujours nouvelles de ses merveilleuses méthodes. *(Très bien ! très bien !)*

Admissions.

Les membres nouvellement admis dans notre Société sont au nombre de cent vingt-trois, dont dix sont membres associés et un membre honoraire, M. le comte de Chambrun, que nous nous sommes fait un honneur de compter parmi nous. M. le comte de Chambrun a attaché son nom à la fondation d'œuvres d'assistance sociale auxquelles il a consacré sa fortune. Ce nombre d'admissions est à peu près le même que celui enregistré l'année dernière. Si nous le mettons en regard de nos pertes, nous voyons que l'augmentation effective du nombre de nos membres n'est que de cinquante-cinq. Cette augmentation est beaucoup trop faible et de nature à nous préoccuper pour l'avenir de notre Société, si nous ne trouvons moyen d'y remédier.

Décorations françaises.

Notre Société a été particulièrement honorée cette année en la personne d'un de ses Vice-Présidents, M. Delaunay-Belleville, promu au grade de *Commandeur dans l'ordre de la Légion d'honneur*.

Les services rendus par M. L. Delaunay-Belleville, aussi bien à l'industrie qu'au commerce, justifient cette haute distinction dont nous avons été heureux de le féliciter avec vous; nous nous en félicitons pour notre Société même, dont le prestige et la renommée ne peuvent que s'en accroitre. *(Applaudissements.)*

Six de nos Collègues ont été promus au grade d'*Officier* du même ordre, ce sont: MM. G. Canet, H. Hersent, F. Reymond, F.-D. Mangini, E. Polonceau, Ch. Gallois.

Dix-neuf ont été promus au grade de *Chevalier*, ce sont : MM. G. Despret, J. d'Allest, J. Carrel, J.-J. Freund, J.-M. Hélaut, N.-A. Maury, L. Joubert, A. Hillairet, A. Marchegay, E. Bullot, A. Duboul, E. Guérin de Litteau, A. Huguet, A. Letort, J.-A. Maire, A. Muller, N.-V. Toussaint, E. Camus, Bodin.

M. H. Haguet a été nommé *Officier de l'Instruction publique*, et MM. D. Augé, C. Chômienne, P. Martial, P.-M. Sage, Ch. Zetter, Lacazette, A. Gallut, Ch. Janet, E.-Ch. Collin, Ladret, ont été nommés *Officiers d'Académie*.

MM. R. Valensi, L. Pinchard-Deny, A. Vivien, A. Egrot, ont été nommés *Chevaliers du Mérite agricole*.

Décorations étrangères.

Des décorations ont été accordées à plusieurs de nos Collègues par des Gouvernements étrangers; nous nous faisons un devoir de les rappeler:

Chevalier de l'ordre de Léopold : M. G. Despret.
Chevaliers de Sainte-Anne de Russie : MM. E. Gruner, L. Monteil.
Officier du Meddal de 1re classe de Perse : M. H. Chevalier.
Officier du Sauveur de Grèce : M. R. Abt.
Officier de l'ordre Impérial de l'Annam : M. F.-A. Brard.
Officier de l'ordre du Cambodge : M. J. Bocquin.
Commandeur de l'Etoile de Roumanie : M. E.-A. Lantrac.
Officier de l'Etoile de Roumanie : M. J.-B. Pradel.
Chevalier de l'Étoile de Roumanie : M. L. Pluvier.
Commandeur de la Conception de la Villaviciosa : M. E.-H. Boyer.

La haute distinction de *Grand Officier du Medjidié* a été accordée à notre ancien Président, M. G. du Bousquet. On connaît les services qu'a rendus notre sympathique Collègue au Gouvernement Ottoman pour l'établissement de ses voies ferrées. *(Vifs applaudissements.)*

Commandeurs du Medjidié: MM. L. Courtier, A. Rodrigue.
Commandeur du Libérateur du Vénézuéla : M. E. Cacheux.

Dons et legs.

Nous avons reçu de généreux Collègues les dons et legs suivants :

M. Pottier nous a offert une collection complète des *Bulletins* de la Société depuis sa fondation.

M. Schertzer nous a fait remettre une somme de 50 *f* pour être versée à la caisse de la Société et en augmenter le fonds social.

M. A. Brocchi nous a offert une collection de vingt-trois années des *Bulletins* de la Société.

M. de Rochefort-Luçay nous a fait don d'un spécimen d'une machine à écrire *la Dactyle*.

Nous avons adressé à chacun d'eux nos remerciements au nom de la Société.

Enfin, M. E.-J.-B. Chauvel nous a laissé par testament une somme de 25 000 *f* dont nous toucherons le montant dans quelques mois.

Notre Vice-Président, M. L. Rey, qui a assisté à ses obsèques où il a prononcé quelques paroles au nom de la Société, a en même temps remercié la famille de ce généreux donateur.

Nominations.

Je rappelle les nominations dont ont été l'objet un certain nombre de membres de la Société :

Notre Collègue et ancien Président M. le Sénateur Reymond, après avoir vaillamment défendu les intérêts de nos jeunes Confrères les Ingénieurs sortant de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures et obtenu qu'ils puissent occuper dans nos armées le rang pour lequel leurs études

les désignaient si naturellement, avait accepté de prendre la direction de cette École à titre provisoire; il a résigné ces fonctions qu'il a su si bien remplir pendant trois années; il a été remplacé par un autre de nos Collègues et ancien Président, M. Paul Buquet.

Nous connaissons et apprécions mieux que personne le jugement éclairé et le tact de M. Paul Buquet; ces précieuses qualités, jointes à sa bienveillante fermeté, le désignaient pour occuper ces importantes fonctions.

Nous nous félicitons du choix judicieux qu'a fait M. le Ministre du Commerce en sa personne. *(Bravo! bravo! Vifs applaudissements.)*

MM. E. Cacheux, F. Mangini et E. Trélat ont été nommés membres du Conseil supérieur des habitations à bon marché;

M. E. Cacheux a été élu Président de la Société française d'Hygiène;

M. Labour a été nommé membre du Comité d'Administration de la Société internationale des Électriciens;

M. Ventre-Bey ainsi que M. Grand-Bey ont été promus au grade de Pacha.

Votre Président a été nommé membre de la Commission supérieure de l'Exposition de 1900;

M. E. Trélat a été désigné pour faire partie du Jury du Concours pour l'installation de la Cour des Comptes;

MM. A. Brüll, J. Fleury et L.-M. Langlois ont été nommés experts pour déterminer les causes de la catastrophe de Bouzey;

M. Henri Schneider a été nommé membre d'honneur de l'Institution of Civil Engineers de Londres;

M. G. Collin a été nommé membre du Comité de la Course des Voitures automobiles Paris-Bordeaux;

MM. E. Dardenne, E. Guyot-Sionnest, E.-V. Pierron, J. Prevet, A. Vautier, L. Hannoyer ont été nommés membres du Jury de la Section française à l'Exposition internationale d'Amsterdam en 1895;

Les Collègues dont les noms suivent ont été nommés également membres du Jury à l'Exposition de Bordeaux :

M. J. Avril, Secrétaire Général de l'Exposition;

MM. E. Chabrier, J. Manès, F. Dehaitre, P. Auguste Godchaux, J. Henrivaux, L. Renard, E. Geneste, Rémaury, Th. Villard, Bourdil, Petit de Forest, Simoneton, J. Dollfus, Astruc, Cazes, P. Saillard, Taragonet, Compère, A. Millet, Durey, Hignette, A. Laurent, Thomine, Ch. Verrier, Lagache, Egrot, A. Bricard, Levassor, L. Lemoine, A. Peugeot, Ed. Coignet, Dardenne, P. Grosselin, Hersent, A. de Dax, Fontaine, Hospitalier, Lombard-Gérin, Picou, Postel-Vinay.

Enfin, depuis notre dernière séance, ont été nommés :

Membres du Comité consultatif des chemins de fer : MM. L. Delaunay-Belleville, H. Fayol, A. Gottschalk, F. Reymond, X. Rogé;

Membres du Conseil du Réseau de l'État : MM. A. Gottschalk et P. Sazerac;

Membres du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer : MM. A. Gottschalk, E. Mayer, E. Pontzen, F. Reymond;

Ont été nommés également : MM. J. Fleury, E. Pontzen, E. Ca-

cheux, A. Suais, membres du Comité des Travaux publics des Colonies pour l'année 1895-1896;

M. A. Ronna a été nommé membre de la Commission supérieure d'études pour les travaux de colonisation de l'Afrique du Nord.

Congrès.

Plusieurs congrès d'ordre et d'importance divers ont été tenus dans le courant de l'année 1895; je vous les énumérerai rapidement en vous rappelant ceux pour lesquels un compte rendu a été fait, soit en séance, soit dans le *Bulletin*.

Nous avons eu en 1895 :

Le Congrès des Sociétés Savantes, auquel ont été délégués MM. J. Fleury, H. Chevalier, H. Couriot, E. Gruner et H. Rémaury;

Le Congrès et l'Exposition d'Hygiène à Paris, qui ont eu lieu dans le courant de l'année ;

Le Congrès d'assainissement et de salubrité tenu à Paris;

Le Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences tenu à Bordeaux, dont le compte rendu a été fait par M. P. Jannettaz. Ce Congrès, qui a été très suivi, était présidé par M. E. Trélat, notre ancien Président ; il a présenté un vif intérêt par la variété des sujets qui y ont été traités;

Nous avons reçu une invitation au Congrès pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux, tenu à Zurich. Notre Société y était représentée par un assez grand nombre de Collègues, parmi lesquels MM. Baclé, Candlot, Guillemin, Osmond, E. Polonceau, Pourcel.

M. E. Polonceau fut désigné comme Président d'honneur à la seconde séance du Congrès. Comme membres français et comme membres étrangers par MM. Abt, Belelubski, Crugnola, de Muralt, Paur, Potterat, C. Zschokke.

Le Congrès des Chemins de fer, à Londres, a réuni un nombre considérable de membres de notre Société; les séances en ont été aussi nombreuses qu'intéressantes par la variété des sujets qui y ont été abordés;

Le Congrès de l'Iron and Steel Institute, à Londres, auquel M. J. Euverte a été délégué par notre Société pour nous y représenter;

M. L. de Chasseloup-Laubat nous a donné un compte rendu des plus complets sur le Congrès du Génie maritime de Chicago tenu en 1893.

M. E. Derennes nous a présenté également un compte rendu du Congrès de chimie appliquée, tenu en Belgique en 1894.

La Société philomathique de Bordeaux avait organisé divers Congrès à l'occasion de l'Exposition internationale de cette ville, tenue en 1895.

Parmi ces Congrès, nous citerons ceux qui intéressaient notre Société plus particulièrement :

Le Congrès des Habitations à bon marché auquel a été délégué M. E. Cacheux, et le Congrès de l'Enseignement Technique, Commercial et Industriel, tenu en septembre, auquel la Société a été représentée par

M. H. Rémaury. Ce dernier nous a fait le compte rendu de ces deux Congrès.

Enfin, nous avons reçu une invitation pour assister au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Carthage en 1896 ; ce Congrès, intéressant par lui-même, permettra aux adhérents qui s'y rendront de faire un agréable voyage ; M. Regnard y a été délégué.

Récompenses. — Prix divers.

Je vous rappellerai les récompenses qui ont été décernées à nos Collègues et qui sont non moins nombreuses que les années précédentes :

Le Prix Annuel de la Société a été décerné à M. E. de Marchena, dans la séance du 21 juin, pour son mémoire si substantiel et si étudié sur la traction mécanique des tramways ;

Le Prix Michel Alcan a été décerné à M. R. Soreau, pour son mémoire sur la direction des ballons ;

Enfin le Prix François Coignet a été décerné collectivement à MM. G. Dumont et G. Baignères, pour leur mémoire sur l'éclairage électrique des gares.

Une Médaille d'argent a été décernée, par l'Académie de Médecine, à M. H. Bunel, Architecte en chef de la Préfecture de police ;

Une Médaille et un Diplôme commémoratif de l'Exposition de Chicago ont été délivrés à la Société des Ingénieurs Civils de France.

Le prix Montyon de mécanique a été décerné, par l'Institut, à M. E. Bertrand de Fontviolant ; c'est le second accordé par l'Académie des Sciences à notre Collègue.

La Société d'encouragement pour l'Industrie nationale a distribué, comme chaque année, de nombreux prix dont ont bénéficié quelques-uns de nos Collègues :

1° Le prix Roy, Médaille d'argent 500 *f*, a été donné à titre d'encouragement à M. Ch.-E. Delessart, pour son traité de la filature du coton ;

2° Un prix de 2 000 *f*, à M. F. Osmond, pour son remarquable travail sur l'analyse micrographique des aciers ;

3° Un prix de 500 *f* a été donné à titre d'encouragement à M. J. Garçon, pour son ouvrage, la Pratique du teinturier ;

4° Un prix de 1 000 *f*, à M. Ch. Tellier, et un de 500 *f* à M. A. Lacroix, à titre d'encouragement, pour leurs travaux sur la purification des eaux potables ;

5° Une Médaille d'or, à M. A. Mallet, membre du Comité, pour ses intéressants travaux sur la locomotive compound articulée ;

6° Une Médaille de platine, à M. E. Petit, pour ses travaux sur l'antheximètre ;

7° Des médailles commémoratives en argent ont été décernées à MM. Dybowski et A. Hillairet, qui y avaient fait d'intéressantes conférences ;

Un prix pour l'agrandissement et la transformation de l'hôtel du *Figaro* a été décerné à M. E. Arnaud ;

Un Diplôme d'honneur et un prix de 200 *f*, ont été accordés à MM. Lumereaux et Maginot, au concours de mécanique ouvert par la Société des sciences et arts de la Marne, pour un nouveau type de moteur à vent;

Enfin, notre Société a obtenu un Grand Prix à l'Exposition internationale de Bordeaux.

Diverses récompenses ont été obtenues à l'Exposition de Bordeaux par nos collègues :

Etaient hors concours : MM. Fenaille et Despeaux, Durey-Sohy, Hurtu, Hautin et Diligeon, Egrot et Grange, L. Lemoine, Peugeot frères, Panhard et Levassor, H. Hersent, P.-P. Saillard, Larivière et C^ie^, Lombard-Gérin, Postel-Vinay, les fils de A. Deutsch, V. Mabille.

Ont obtenu : Grands Prix : MM. A.-H. Croizier, Delaunay-Belleville, de Naeyer, Brault, Teisset et Gillet, Menier, Bail-Pozzy, Coiseau, Couvreux et Allard, Moisant, Laurent et Savey, Henry-Lepaute, Comte de Chambrun, Daydé et Pillé.

Diplômes d'Honneur : MM. G. Robert, Le Blanc, Brault, Teisset et Gillet, E. Derval, Carré fils aîné, Hurtu, Hautin et Diligeon, Michelin, Arnodin, Duclos, Henry-Lepaute, Bonnassiès, Werth, Buron, Bauchère, Ed. Gruner.

Médailles d'or : MM. Burgart, Domange, L. Dumont, Jametel, R. Pictet, Landry, Candlot, Sage et Grillet, Edoux, Portal, Bidou, Chaussegros, Trigaux, Pedezert, Grosset, Pagnard, A. Thomas, Raabe, H. de Montgolfier, Michelin.

Médailles d'argent : MM. Schabaver, Combelles, de Fréminville.

Médailles de bronze : MM. Ed. Henry, Jeunet, L. Charpentier.

Mention honorable : M. L. Dumont.

Dans chacune de ces Expositions, qui ont eu lieu en 1895, les membres de la Société des Ingénieurs Civils de France ont été appelés à prendre une place importante, soit comme organisateurs, soit comme exposants ou membres des divers jurys.

Une Exposition à Rouen nous a été annoncée pour l'année 1896 ; elle sera l'occasion de nombreux Congrès.

Nous avons été avisés en temps utile de l'ouverture de divers concours; nous avons eu soin d'en faire connaître la nature et la date, de façon que ceux de nos Collègues qui y étaient intéressés puissent y prendre part :

Il y a eu un concours pour l'admissibilité au professorat du dessin dans les Écoles nationales d'Arts et Métiers, annoncé dans la séance du 19 avril 1895;

Un concours organisé par les magasins du Louvre, annoncé dans la séance du 21 juin; ce concours s'appliquait spécialement aux industries d'art; le promoteur en a été M. Honoré, notre Collègue;

Un concours pour la nomination d'un chef d'atelier d'ajustage à l'École d'Arts et Métiers d'Angers et d'un chef d'atelier de fonderie à l'École d'Aix, annoncé dans la séance du 5 juillet;

Le concours des voitures automobiles, dont un compte rendu très intéressant a été fait par M. G. Collin ; ce mémoire a paru dans le *Bulletin;*

Un concours a été ouvert par l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, pour la création d'un appareil de cabinet d'aisances. Je rappellerai à cette occasion les services que rend journellement cette puissante Association, sous la direction de M. S. Périssé son Président et de M. Mamy son Directeur, tous deux Membres de notre Société.

Travaux de la Société.

Pendant le cours de cette année, de nombreux travaux ont été présentés et des communications verbales ont été faites à leur sujet par leurs auteurs pour un certain nombre d'entre eux.

Quelques communications de moindre importance ont été faites sans que le sujet ait paru en comporter l'insertion au *Bulletin.*

Les mémoires concernant les travaux publics, les chemins de fer et la navigation ont été les plus nombreux.

Ire SECTION

Travaux publics. — Chemins de fer.
Constructions publiques et particulières. — Navigation.

M. J. Gaudry, après nous avoir rappelé les causes de l'accident du paquebot *la Gascogne*, nous a fait connaître les moyens employés avec une si énergique persévérance pour y remédier en cours de route.

M. Poklewski-Koziell, en nous décrivant les moyens employés par lui pour exécuter, dans des pays sans ressources, des travaux d'art de la plus grande difficulté, nous a montré que l'énergie dont il avait fait preuve déjà en France comme ingénieur à son service, ne l'avait pas abandonné; ces travaux très ingénieux présentent un véritable intérêt.

Comme il était à prévoir, la traction mécanique des tramways a donné lieu à des communications des plus intéressantes et à de vives discussions auxquelles ont pris part nos Collègues, MM. P. Regnard, E. Badois, J. Sarcia, L. Francq, L. Rey, E. Coignet, A. Casalonga, G. Lesourd et A. Lencauchez.

Notre jeune Collègue, M. E. de Marchena, nous avait présenté le premier un mémoire très complet sur cette question toute d'actualité.

M. P.-P. Guéroult nous a décrit avec beaucoup d'à-propos l'outillage des ports en Angleterre et en particulier le transporteur Temperley.

Les applications nombreuses qui sont faites en France de cet appareil, depuis qu'il l'a fait connaître, en montrent l'utilité.

M. R. Varennes nous a communiqué le résultat de ses études sur la vitesse comparative des trains express en France: nous avons pu, avec lui, apprécier les améliorations apportées progressivement par nos Compagnies de chemins de fer pour ces services dont le public est appelé à profiter journellement.

M. de Koning nous a envoyé une note sur les chemins de fer du Transvaal et une autre sur l'évacuation des eaux et immondices dans les nouveaux quartiers de la ville d'Amsterdam.

M. Fleury nous a présenté, avec son talent habituel de conférencier, une analyse de l'étude de M. Da Costa Couto sur les ports du Havre, de Lisbonne et de Leixoes.

M. Charton nous a présenté l'ouvrage de M. Ch. Grille sur les tramways à l'Exposition de Chicago; cet ouvrage est très documenté et pourra être consulté avec fruit.

M. A. de Dax, notre Secrétaire général, qu'intéresse toutes les questions touchant la navigation, nous a donné des détails inédits sur le bateau sous-marin *le Goubet*.

M. L.-M. de Grièges nous a décrit les moyens employés par lui pour relever la machine et le tender du train 56 tombés sur la place de Rennes; ce travail, accompli dans des conditions exceptionnelles, et dont tout Paris a parlé, nous a vivement intéressés.

M. Paur nous a envoyé une note sur les épreuves de charge jusqu'à rupture à faire sur l'ancien pont sur le Mühlbach, près de Mumpf.

M. G.-J. Hart nous a rendu compte des essais du torpilleur de haute mer *le Forban*, dernière création de M. A. Normand, notre Collègue.

Nous avons retrouvé dans les dispositions que M. Normand a employées et que M. Hart nous a fait connaître, cette ingéniosité si personnelle qui a fait sa réputation.

M. L. de Chasseloup-Laubat, nous a donné un mémoire très complet sur le Congrès du génie maritime de Chicago en 1893.

IIe SECTION

Mécanique et ses applications. — Machines à vapeur.

M. V. Dubreuil nous a donné, en praticien consommé, des renseignements sur l'emploi comparatif des courroies et des câbles et le compte rendu des expériences entreprises en 1894 par la Société Industrielle du Nord de la France.

M. A. Mallet nous a fait connaître le rendement organique des machines à expansion multiple; nous connaissons la compétence particulière de M. Mallet sur ces questions et il était tout désigné pour faire cette étude toute d'actualité et la bien faire.

M. A. Lencauchez nous a fait une étude sur le même sujet. Cette étude répondait sur quelques points à celle de M. Mallet.

M. E. Monet nous a fait connaître un nouveau procédé de calcul des efforts supportés par les éléments d'une poutre droite à treillis chargée symétriquement et reposant sur deux appuis.

M. F. Chaudy nous a décrit une méthode générale de calcul des poutres continues, droites et en arcs, s'arc-boutant solidaires sur leurs piliers ; de plus, il nous a donné pour le *Bulletin* une nouvelle théorie générale de la résistance des terrains sablonneux aux charges verticales et à leur propre poids.

M. K. Sosnowski nous a fait un historique des moteurs destinés à utiliser la force vive de la vapeur et nous a décrit en même temps la turbine à vapeur de Laval en faisant ressortir les avantages que présente son emploi.

M. Ch. Compère a complété les renseignements donnés par M. Sosnowski en nous faisant connaître le résultat des essais de consommation de vapeur de ce moteur entrepris à Bordeaux.

Ces essais ont donné les rendements les plus favorables.

M. G. Lesourd nous a entretenu des applications très réussies du générateur Serpollet à la traction mécanique des tramways. Nous y avons vu là l'utilisation d'un mode de production de la vapeur qui, par les avantages qu'il présente, en recommande l'emploi.

M. M.-L. Langlois a imaginé de nouvelles méthodes de calcul des piles métalliques à arbalétriers qu'il nous a fait connaître et dont les applications nombreuses montrent tout l'intérêt pratique.

M. E. Monet nous a communiqué sa nouvelle étude sur les poutres treillis reposant sur deux appuis, et une solution nouvelle du problème des charges roulantes, en la généralisant à toutes les poutres et fermes.

M. G. Collin nous a rendu compte de la course des voitures automobiles de Paris à Bordeaux en 1895.

Ce mode de locomotion, appelé à se développer dans des proportions dont nous ne pouvons qu'imparfaitement nous rendre compte, en ce moment, est d'origine toute française; plusieurs de nos collègues s'y sont acquis une légitime réputation par les perfectionnements qu'ils ont apportés à la construction de ces voitures automobiles.

Une méthode nouvelle de calcul des fermes en arc soumises à l'action du vent nous a été présentée par M. Cordeau.

M. E. Bertrand de Fontviolant lui a présenté quelques observations qui ont été suivies d'une discussion intéressante.

M. Hubou nous a entretenus des ascenseurs et des monte-charges employés dans les habitations et hôtels. Cette communication a donné lieu à une discussion à laquelle ont pris part MM. Samain, Lencauchez et Viennot. M. Hubou compte la compléter ultérieurement.

III^e^ SECTION

Travaux géologiques. — Mines et métallurgie.

M. J. Euverte nous a présenté un historique de la métallurgie du fer et de l'acier, historique qui lui a été fourni par les Expositions de Paris, en 1878 et en 1889, et de Lyon, en 1894. Cette étude a présenté le plus grand intérêt et pourra donner lieu à une discussion ultérieure.

M. A. Gibon, qui s'occupe avec tant de zèle de la solution des questions sociales, nous a entretenus des caisses des retraites organisées par les Compagnies houillères en faveur des ouvriers mineurs.

L'ouvrage dont il a donné le compte rendu nous montre combien ces questions préoccupent nos grandes Sociétés industrielles et fait connaître en même temps les efforts qu'elles font pour en trouver la solution.

M. E. Gruner nous a donné une statistique des houillères en France avec tableaux graphiques des plus instructifs.

M. J. Bergeron répondant à M. de Longraire, à propos de son étude sur les séismes et volcans, nous a vivement intéressés par ses aperçus nouveaux sur ces phénomènes et par les explications qu'il a essayé d'en donner.

M. L. de Longraire a répondu à M. Bergeron dans une nouvelle note.

Nous avons reçu, sur cet intéressant sujet, des lettres de MM. de Lapparent, Stanislas Meunier et Fouqué. Ces savants avaient été invités à assister à une de nos séances et s'étaient excusés de ne pouvoir s'y rendre pour des raisons diverses.

Ont pris part à la discussion très animée à laquelle cette communication et ces lettres ont donné lieu : MM. Auguste Moreau, P.-F. Chalon, D.-A. Casalonga, Bergeron, de Longraire, Richard, Derennes, Lippmann, Regnard, Couriot, Anthoni.

MM. D.-A. Casalonga et J. Gaudry ont complété leurs observations faites verbalement par lettres envoyées ultérieurement.

M. P. Jannettaz nous a donné une analyse de l'ouvrage de M. Schnabel sur le cuivre, le plomb, l'argent et l'or, traduit par M. L. Gautier.

Personne ne pouvait mieux faire cette étude critique.

M. H. Rémaury nous a fait une analyse du manuel de M. Ledebur sur la métallurgie du fer, traduit de l'allemand par MM. Barbary de Langlade et F. Valton. M. Rémaury nous a montré une fois de plus sa compétence toute spéciale en cette matière.

M. S. Jordan nous a donné la primeur d'un fait intéressant relatif au grillage des minerais de fer carbonatés, application nouvelle des théories thermo-chimiques.

Nous n'attendions pas moins de notre Collègue toujours si dévoué à notre Société.

IVe SECTION

Physique. — Chimie industrielle. — Divers.

M. L. Lockert nous a entretenus de la création à Paris d'une école spéciale de boulangerie et meunerie avec stations d'essais des grains, farines et matériel.

M. E. Cacheux nous a fait connaître le rôle de l'Ingénieur dans les secours publics à donner en France et à l'étranger.

M. S. Périssé nous a vivement intéressés en nous faisant connaître les causes de l'explosion récente, à Paris, d'un récipient d'acide carbonique liquide et en nous donnant les moyens de les éviter.

M. E. Derennes nous a fait le compte rendu du Congrès de chimie appliquée, tenu en Belgique en 1894.

M. E. Sartiaux nous a renseignés, avec sa compétence spéciale, sur l'emploi du verre dans les applications industrielles de l'électricité, et nous a montré l'intérêt que cette question, toute d'actualité, présentait.

M. Falconnier nous a présenté ses briques en verre qui, par leurs qualités de transparence et d'insonorité, en font un nouveau produit de grande utilité dans la construction.

M. G.-J. Hart nous a donné un compte rendu analytique des mémoires présentés à l'Association technique maritime. M. J. Gaudry a fait à ce sujet quelques observations.

M. E. Badois nous a fait une analyse intéressante de l'ouvrage de M. Léon Massol sur les eaux d'alimentation de la ville de Genève.

M. E. Badois s'occupe tout spécialement de ces questions et était bien indiqué pour nous présenter cette étude et en rendre compte.

M. J. Fleury nous a fait une narration charmante de son voyage à Londres où il avait bien voulu se rendre pour assister au banquet de la Société des Naval Architects auquel votre Président avait été sollicité d'assister, et où il était chargé d'inviter les membres de cette institution à venir à Paris pour tenir pour la première fois leur congrès annuel.

La Société ne pouvait pas choisir pour cette mission un meilleur représentant.

Vous savez quelles réunions instructives et agréables en ont été la suite; nous avons remercié M. Fleury et l'avons félicité en même temps du succès de sa mission.

M. Ch. Marboutin nous a fait connaître les résultats d'expériences faites à l'Observatoire municipal de Montsouris sur l'air et l'eau à Paris.

Dans une des séances du mois de mai 1893, M. Raoul Pictet, le savant physicien et chimiste, nous avait entretenus du rôle des basses températures en chimie; l'exposé théorique qu'il nous avait fait à cette époque a été complété par lui dans la séance du 3 mai 1895 par une communication nouvelle dans laquelle il nous a fait connaître les moyens et les appareils destinés à les produire et leur utilisation en science et en industrie.

M. Raoul Pictet a vivement intéressé la Société par quelques expériences faites au cours de la séance aussi bien que par les résultats obtenus au point de vue chimique, en nous montrant une série de corps obtenus industriellement à l'état de pureté absolue.

Ces applications ne sont pas les seules; M. Raoul Pictet a des raisons de penser que leur application au point de vue thérapeutique est possible, et même d'un succès assuré pour le traitement de certaines affections difficiles à guérir par les procédés connus.

M. E. Asselin nous a entretenus d'un procédé d'épuration préalable des eaux industrielles au moyen de l'aluminate de baryte; ce procédé ingénieux, basé sur des réactions chimiques d'un emploi industriel, est subordonné cependant au prix du corps épurant lui-même et demandera une étude nouvelle dont M. Asselin a promis de nous faire connaître le résultat.

Nous avons reçu de M. Egleston plusieurs lettres dont le contenu peut intéresser la Société : M. Egleston nous annonce, en effet, que l'American Society of Mechanical Engineers a adopté une jauge décimale dont il nous a été envoyé un spécimen, et que, de plus, la Chambre des représentants a nommé une Commission pour étudier l'adoption du système métrique aux États-Unis.

M. Rémaury, délégué par la Société à l'Exposition de Bordeaux pour la représenter à la cérémonie de l'inauguration ainsi qu'aux divers Congrès tenus à l'occasion de cette Exposition, nous a communiqué, dans la séance du 8 novembre, ses impressions au sujet de cette Exposition, dont la réussite a été complète.

M. E. Gruner, nous a donné une note sur le Musée social et la fondation de M. le comte de Chambrun, que nous sommes heureux de compter parmi nos membres honoraires.

Ve SECTION

Électricité.

Le rôle de l'électricité grandit chaque jour, et nous sommes appelés à en voir des applications de plus en plus nombreuses, soit à l'éclairage, soit à la production de la force ou à sa transmission. C'est à cette dernière application qu'ont eu trait le plus grand nombre des mémoires qui nous ont été adressés.

M. E.-J. Delachanal nous a décrit les grues électriques du port du Havre, leurs avantages et leurs inconvénients, dans une étude très complète et très bien faite.

M. A. de Bovet nous a entretenus du touage électrique des bateaux, sur les canaux, sujet qu'il a traité avec beaucoup de compétence, et qui paraît susceptible de solutions variées, dont celle même de M. de Bovet ne serait pas une des moins intéressantes.

M. E. Badois nous a entretenus d'une étude sur les rendements comparés de l'électricité et de l'air comprimé pour la traction des tramways.

M. G. Dumont nous a fait connaître ses vues sur le rôle de l'électricité à l'Exposition de 1900 tel qu'il le comprend.

Nous avons lieu d'espérer que M. Dumont pourra, dans une autre enceinte, développer ses idées et faire connaître ses projets sur l'organisation de cet important service.

MM. G. Dumont, en collaboration avec M. G. Baignières nous a fait une très intéressante communication sur l'application de l'électricité à l'Exploitation des chemins de fer.

M. Lesourd nous a décrit le frein électro-pneumatique de M. Chapsal, dans un exposé très clairement présenté et justement applaudi.

M. Walter Strapp a présenté quelques observations sur la communication de M. Lesourd, en rappelant l'appareil à action rapide de la Compagnie du frein à vide que M. Lesourd avait omis de citer.

M. A. Lavezzari nous a entretenus de diverses installations électriques en Suisse, en Savoie, ainsi que des tramways électriques à câble souterrain dont il désire voir se généraliser l'emploi, avec apparence de raison, semble-t-il.

Les études de M. Lavezzari sont d'un sérieux intérêt et tout à fait d'actualité.

M. U. Langlois a étudié l'application des moteurs à gaz au point de vue de leurs applications industrielles, et spécialement à l'éclairage électrique.

Une discussion, sur ce sujet, s'est engagée à la suite de la communication de M. Langlois; y ont pris part MM. Langlois, Cornuault, Yvon, Mallet, Pagniez, Haubtmann.

M. le Capitaine Charollois nous a présenté des appareils téléphoniques applicables au service en campagne, d'un emploi pratique.

Ses appareils de grande sonorité nous ont vivement intéressés et nous paraissent susceptibles de nombreuses applications.

M. Gassaud nous a fait un compte rendu de l'ouvrage de MM. Hérard et Ch. Sirey sur les canalisations électriques.

M. Aug. Moreau nous a fait l'analyse de l'ouvrage de MM. Garnier et Dauvert sur les concessions de gaz et d'électricité devant la jurisprudence administrative.

Ces mémoires qui nous ont été communiqués en grand nombre comme vous le voyez, ont présenté de l'intérêt; la plupart nous ont paru devoir être insérés dans le *Bulletin*.

Nous en avons cependant, pour beaucoup d'entre eux, demandé et obtenu une revision, ce qui nous a paru devoir en faciliter la lecture et en même temps permettre de diminuer l'importance du *Bulletin*.

Quoique le nombre des mémoires insérés cette année soit plus grand, le *Bulletin* est plus réduit; l'économie réalisée de ce chef est appréciable.

Divers.

Parmi les notes et publications qui nous ont été adressées, nous vous signalerons les suivantes :

Note de M. E. Gruner sur l'*Annuaire du Comité Central des Houillères de France*.

Loi sur les *Accidents et l'Assurance obligatoire*.

Rapport sur la *Construction des lignes de Joigny à Toury et de Sens à Egreville*.

Discours prononcé par M. Delaunay-Belleville à la réception des commerçants et industriels de Paris, par M. Félix Faure.

Lettre de M. E. Pontzen au sujet des Ingénieurs des Constructions civiles.

Compte rendu de la réception faite aux Naval Architects, par M. L. Appert, Président.

Décès de M. Delépine, Secrétaire-Archiviste de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale.

Discours prononcés aux obsèques de M. G. Loustau, par MM. L. Appert, G. du Bousquet et A. Godillot.

Discours prononcés aux obsèques de M. E. Chauvel, par MM. L. Rey et L. Berthon.

Discours prononcés aux obsèques de M. A. Noblot, par MM. Girardez, Brusset, A. de Dax et Mabille.

Notices nécrologiques :

Sur M. G. Loustau, Trésorier honoraire, par MM. L. Appert, G. du Bousquet et A. Godillot.

Sur M. A. Carcenat, par M. H. Forest.

Sur M. S. Dunnett.

Sur M. A. Henriot, par M. E. Labour.

Sur M. P.-A. Marmiesse.

Sur M. E.-H. Langlois, lettre de M. Guigon-Bey.

Sur M. L.-Ph. Joubert, par M. J. Fleury.

Sur M. J.-L.-A. Noblot et paroles prononcées à ses obsèques par M. A. de Dax.

Sur M. J.-F. Bonnaterre, par M. P. Gassaud.

Sur M. Ch. Pinel, par M. H. Vaslin.

Notice au sujet du décès et des funérailles de M. L. Pasteur, par M. J. Charton.

Plis cachetés déposés : 1° par M. P.-E. Chouanard; 2° par M. A.-F.-X. Vaillant.

Fondation de la Société française des Ingénieurs coloniaux, lettre de M. J. Courau.

Nous avons reçu plusieurs communiqués du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, communiqués relatifs à des travaux publics à exécuter à l'étranger.

Commission extra-parlementaire chargée d'examiner les clauses et conditions du cahier des charges des adjudications et marchés publics.

Lettre de M. G. du Bousquet, au sujet du cinquantenaire de M. Ch. Bricogne, à la Compagnie des chemins de fer du Nord.

Monographie de l'Exposition universelle de 1889 (2e partie), présentée par M. J. Charton.

Programme des questions mises au concours par la Société Industrielle d'Amiens.

Réceptions. — Invitations. — Banquets.

Notre Société a reçu, en la personne de son Président, de nombreuses invitations auxquelles il s'est fait un devoir de répondre.

Il a trouvé, ainsi que ses Vice-Présidents qui avaient bien voulu le suppléer quelquefois en cas d'empêchement, l'accueil le plus empressé et le plus cordial.

La considération dont jouit notre Société est considérable et ne fait que s'accroître.

L'exode, à Paris, des membres de l'Institution des Naval Architects d'Angleterre, en particulier, a donné lieu à des réceptions nombreuses dans lesquelles la Société a tenu dignement son rang ; les membres étrangers n'ont pas caché leur sympathie pour notre Société et en ont donné des preuves répétées; les membres de la Commission appelés, par nous, à les recevoir et à les diriger ont droit à nos remerciements pour la façon obligeante dont ils se sont acquittés de leur mission.

Monument Flachat.

La Commission instituée l'année dernière par M. du Bousquet, dans le but de déterminer les conditions dans lesquelles devait être érigé le monument destiné à rappeler la mémoire du fondateur de notre Société, Eugène Flachat, a décidé de confier le travail de sculpture à M. Alfred Boucher, l'artiste si apprécié et si connu, et le travail d'architecture à M. Gaston Trélat.

Les maquettes que la Commission a été appelée à examiner à plusieurs reprises sont presque terminées et leur exécution définitive est sur le point de commencer, si elle ne l'est déjà.

Nos Collègues MM. Gottschalk et Level ont bien voulu faire les démarches nécessaires auprès de M. le Préfet de la Seine et auprès du Conseil municipal, pour obtenir l'autorisation d'ériger le monument sur une

des places publiques de la capitale. Cette autorisation est maintenant accordée et il y a lieu d'espérer que, à la condition que la Commission veuille bien continuer, comme elle l'a déjà fait, à s'en occuper activement, l'inauguration de ce monument si intéressant pour notre Société pourra avoir lieu dans le courant de l'année.

Je rappellerai à cette occasion que la souscription est toujours ouverte et que les apports nouveaux qui pourraient être faits aideraient efficacement la Commission dans l'œuvre à laquelle elle s'est vouée d'une façon si digne d'éloges.

Hôtel de la Société.

J'ai fait allusion au commencement de ce discours à la vente de notre hôtel effectuée dans les premiers mois de l'année. Je dois vous rappeler brièvement les conditions dans lesquelles cette opération s'est accomplie.

La Commission spéciale instituée par mon prédécesseur, M. du Bousquet, en procédant à cette vente dans des conditions qu'elle a jugées acceptables et qui ont été approuvées par vous dans la séance du 7 juin 1895, a répondu du mieux qu'elle a pu au désir si nettement exprimé par la majorité des membres de notre Société.

Sa mission n'était qu'en partie accomplie et il y avait lieu pour elle de rechercher immédiatement, soit un emplacement sur lequel pourrait être édifié un nouvel hôtel, soit un hôtel déjà construit et susceptible d'être aménagé d'une façon conforme à ses besoins.

Après des investigations prolongées au sujet des propriétés disponibles immédiatement et pouvant être utilisées, et une étude des conditions qu'elles devaient remplir, le choix de la Commission s'est arrêté sur une propriété située 19, rue Blanche, qui a paru présenter comme situation, dans un des quartiers les mieux fréquentés de Paris, et comme dimensions et comme prix, des avantages suffisants pour en proposer l'acquisition par la Société ; le choix de la Commission a été approuvé par le Bureau et le Comité ; c'est donc sur l'emplacement qu'occupe cette propriété que va être édifié, à bref délai, notre nouvel hôtel.

Les capitaux dont nous disposons n'étant pas suffisants pour couvrir la totalité des dépenses qui ont été prévues, nous avons dû procéder à l'emprunt d'une somme de 500000 *f* dont vous avez voté le principe dans l'assemblée générale du 2 août 1895.

Cet emprunt, souscrit uniquement parmi les membres de la Société, a donné ce merveilleux résultat auquel j'ai fait allusion, et que j'avais eu le plaisir de vous faire connaître en séance, au moment même où venait d'en être close la souscription.

Le montant en a été de plus de quatre fois et demie le capital demandé, et nous nous sommes vus, par suite, dans l'obligation de procéder à une réduction proportionnelle des quatre cinquièmes environ.

Des souscriptions importantes nous sont encore parvenues postérieurement à la clôture annoncée ; nous avons dû les refuser comme étant trop tardives.

Là ne doit pas se terminer l'œuvre de la Commission ; il lui reste à s'occuper de l'édification même de cet hôtel dans les conditions les plus

favorables comme dispositions et agencement, et les plus économiques au point de vue de nos intérêts financiers; elle ne sera pas au-dessous de sa tâche, et avec l'aide de M. F. Delmas, notre architecte ordinaire, auquel ont été adjoints MM. Bourdais et Pierron, avec l'aide de techniciens membres de la Société introduits dans son sein en vue de l'installation des services accessoires, nous pouvons espérer pouvoir inaugurer un hôtel digne de notre importante Société dans les délais stipulés, c'est-à-dire le 15 décembre 1896.

Situation financière.

Notre situation financière, dont l'exposé vous a été présenté d'une façon détaillée par notre trésorier M. Couriot, a été sensiblement modifiée par suite de la vente que nous avons effectuée; nous avons dû, en effet, faire entrer dans notre bilan le produit de la vente de notre hôtel tel que nous l'avions encaissé : or, comme vous le savez, ce produit a été sensiblement inférieur à l'estimation que nous en faisions : la valeur que nous lui donnions était, en effet, le prix même qu'il nous avait coûté, aucun amortissement, soit de sa construction, soit de son installation n'en ayant été fait à aucune époque.

Cette différence a été comblée en partie par des plus-values d'autre nature qui sont venues en diminuer l'importance.

Notre situation en apparence moins favorable est en réalité sensiblement la même que celle de l'année précédente, tous les services ayant fonctionné d'une façon régulière et dans des conditions analogues.

Le fonctionnement nouveau de notre service financier, singulièrement augmenté par l'importance des capitaux qui nous sont confiés et dont nous devenons débiteurs dès aujourd'hui et par leur gestion, exigera de notre part la plus sérieuse sollicitude; nous comptons beaucoup pour nous aider sur l'attentive prévoyance de notre Trésorier toujours empressé à surveiller nos intérêts et à les défendre et sur l'activité de notre Secrétaire Général qui veut bien se charger du très gros labeur du service de l'emprunt.

Nous comptons aussi sur vous-mêmes, mes chers Collègues, et, à ce sujet, permettez-moi d'ajouter encore quelques mots, quoique l'exposé que je viens de vous présenter soit déjà bien long.

La prospérité de notre Société, plus connue, et dont les services sont mieux appréciés, s'accentue chaque année : des signes non équivoques nous permettent de constater que sa notoriété augmente; il est peu de commissions techniques dans lesquelles ne soient appelés à figurer un ou plusieurs des membres de notre Société.

Nous pouvons encore améliorer cette situation qui n'a rien que de très favorable et le moyen qui paraît le plus efficace pour y arriver consiste à chercher à augmenter le nombre de nos adhérents. Il est relativement facile pour nous, il peut aider puissamment à augmenter les ressources financières de la Société et est à l'abri de toute critique; nous devons, pour le mettre en pratique, provoquer, pour ainsi dire, de la part de ceux auxquels nous nous adressons, le désir d'être admis parmi nous.

Notre installation dans un hôtel confortable et bien aménagé, situé

dans un quartier agréable et d'un accès facile, nous sera d'un précieux secours. Nous ne sommes pas précisément dans les conditions voulues en ce moment.

Il est nécessaire en même temps que nous nous attachions à entretenir et à augmenter, autant que nous le pourrons, l'intérêt de nos séances par des communications sur des sujets d'intérêt général ou sur des sujets d'actualité pouvant provoquer des discussions toujours instructives. Notre Société jouit à leur sujet d'une réputation de liberté, quant aux opinions émises et à l'initiative individuelle de ses membres, bien méritée, et qui est souvent citée par les membres des Sociétés scientifiques qui nous entourent, et n'est pas sans être justement enviée.

Notre *Bulletin* n'en sera en même temps que plus intéressant, et, par suite, plus apte à donner satisfaction à ceux de nos Collègues qui, éloignés de Paris, ne peuvent assister à nos séances.

Les efforts individuels que vous voudrez bien faire, viendront enfin nous aider de la façon la plus certaine; nous pouvons nous adresser non seulement aux Ingénieurs eux-mêmes et cela de la façon la plus large, en évitant toute distinction d'école ou d'origine, mais encore à ceux qui, mis en rapport avec nous par leurs affaires ou par leurs occupations, peuvent mieux nous connaître et mieux apprécier les avantages qu'ils trouveraient à être reçus parmi nous.

Le nombre des membres associés, relativement peu élevé en ce moment, peut être de beaucoup augmenté sans inconvénient.

Les autres dispositions d'ordre intérieur, ayant pour objet les améliorations matérielles qui nous ont été déjà demandées, et celles destinées à consolider nos revenus, doivent être l'œuvre de vos élus; ils ne failliront certainement pas aux engagements que nous leur avons demandé de prendre, car tous désirent comme nous de voir s'augmenter la prospérité de notre Société et sa renommée. Quant à moi, tel est mon plus ardent désir et mon espoir.

Mes chers Collègues, il me reste à vous remercier de la bienveillance que vous n'avez jusqu'ici cessé de me montrer, et dont vous m'avez donné une preuve éclatante en m'appelant à la Présidence de votre si importante Société; la confiance que vous m'avez témoignée pendant cette année où j'ai été appelé à remplir ces importantes fonctions, ne me fait que mieux apprécier l'honneur dont j'ai été l'objet.

Je ne dois pas oublier mes Collègues et Collaborateurs, anciens Présidents, Vice-Présidents, Trésorier, Secrétaires et Membres du Comité, qui m'ont aidé de leurs conseils et m'ont prêté sans hésitation et sans réserve, dans des circonstances exceptionnelles, leur concours et leur appui.

Notre Secrétaire Général, dont le dévouement à notre Société vous est connu, m'a aidé de la façon la plus empressée; je suis heureux de pouvoir l'en remercier également.

(Se tournant vers M. Molinos, nouveau Président).

C'est à vous, mon cher Président, qu'incombe aujourd'hui, le soin de poursuivre l'exécution des mesures destinées par nous à assurer l'avenir de notre Société et sa prospérité, et pour l'adoption desquelles vous aviez, du reste, déjà prêté votre concours d'une façon si utile.

Dans une allocution pleine d'à-propos, un de nos plus autorisés Collègues a rappelé, il y a quelques semaines, dans cette enceinte, les nombreuses raisons qui nous semblaient devoir vous désigner pour remplir cette année les fonctions de Président de notre Société ; je n'ai rien à y ajouter, et vous êtes trop connu de nous tous pour que j'aie à mon tour à faire votre éloge et à justifier notre choix ; beaucoup de nos Collègues eussent été peut-être à même de remplir ces fonctions aussi bien que vous pourrez le faire, aucun n'y était plus apte et mieux préparé.

Votre candidature proposée en vue des intérêts seuls de notre Société et en dehors de toute question de personne, a été accueillie de la façon la plus favorable ; c'est avec une vive satisfaction que nous avons vu vos nombreux amis venir vous témoigner leur sympathie et leur confiance.

Vous avez accepté l'honneur que nous voulions vous faire une seconde fois, honneur dont vous appréciez toute la valeur mais que vous ne recherchiez pas, nous vous en remercions. *(Bravo, bravo. Vifs applaudissements.)*

M. Léon Molinos, nouveau Président, après avoir serré la main de M. Léon Appert, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Messieurs,

Je suis profondément touché des suffrages que vous avez réunis sur mon nom ; je vous en exprime toute ma reconnaissance et particulièrement à notre cher Président sortant et à mes anciens Collègues qui ont cru devoir me désigner à votre choix.

Cependant, en m'appelant cette année à l'honneur de vous présider, vous m'imposez une lourde charge.

Nous avons à accomplir un acte qui comptera dans l'histoire de notre Société. Il nous faut pourvoir à une installation nouvelle, en rapport avec l'importance et le rôle que nous avons conquis par une longue suite de travaux utiles à l'Industrie française et à l'art de l'Ingénieur.

Si l'hôtel que nous habitons depuis 1873 a pu tant bien que mal nous suffire jusqu'à ce jour, depuis longtemps déjà beaucoup d'entre nous pensaient que la Société ne pouvait indéfiniment rester cachée au fond d'une cité ignorée, dans un quartier de plus en plus éloigné du mouvement de la population et abandonné par les affaires. Mon éminent prédécesseur, d'accord avec votre Bureau et votre Comité, a donc pris une sage détermination en aliénant notre hôtel, et en nous imposant, par suite, la nécessité d'une construction nouvelle, quoiqu'elle doive entraîner une grosse dépense.

Il est naturel qu'une mesure de cette importance ait fait naître dans votre esprit certaines préoccupations. La Société n'a pas, en ce moment, les ressources disponibles nécessaires pour payer, la totalité du prix du terrain et des constructions du nouvel hôtel. Elle a seulement des excédents de recettes qui lui permettent de gager un emprunt, et elle doit compter, pour rendre à son budget l'élasticité nécessaire, sur l'accroissement de ses recettes — normales, par l'augmentation continue du nombre de ses membres — et accessoires par les locations qu'elle réalisera

dans un hôtel dont les aménagements bien conçus et la situation favorable doivent lui assurer une nombreuse et importante clientèle.

Lorsque vous avez approuvé la vente de l'hôtel actuel, les conséquences qui en devaient découler se sont certainement toutes présentées à votre esprit. Vous vous êtes décidés, sur les rapports concluants de votre Président et de votre Trésorier, qui vous ont fait connaître notre situation financière et nos ressources.

La preuve que votre décision était conforme au sentiment général de nos Collègues, c'est l'empressement avec lequel l'émission de 500 000 *f* sur l'emprunt de 600 000 *f* que vous avez voté a été souscrite en quelques jours. Cette émission a été couverte près de cinq fois, sans aucun concours étranger. C'est un fait considérable qui prouve le dévouement et le zèle des membres de notre Société, et la confiance que son avenir inspire à tous. Permettez-moi donc de me joindre à notre Président pour adresser, encore une fois, aux souscripteurs de notre emprunt nos chaleureux remerciements pour le concours qu'ils nous ont si libéralement et si spontanément donné.

Néanmoins la question est si grave qu'il me paraît utile de la reprendre avec vous dans son ensemble. Quel sujet plus intéressant pourrions-nous traiter aujourd'hui? Il me semble que si j'essayais d'en aborder un autre, vous me reprocheriez de ne pas répondre à vos préoccupations et de me tromper moi-même sur l'importance de la tâche qui doit être l'œuvre de cette année, et qui suffira à la remplir.

Examinons donc la résolution que nous venons de prendre sous ses deux faces uniques? Une nouvelle installation de notre Société était-elle nécessaire? Est-elle prudente ?

Je puis être très bref sur le premier point. Je ne pense pas qu'il existe deux opinions sur l'insuffisance absolue de notre hôtel. Non seulement cette insuffisance se fait sentir dans notre vie de tous les jours, dans l'installation de nos services au point de rendre bientôt leur fonctionnement impossible ; mais, dans des circonstances graves qui se multiplient avec notre influence et l'importance de notre rôle, elle devient absolument choquante, compromettante pour le renom de notre Société. Par ce temps d'expositions à jet continu, nos relations avec les Ingénieurs étrangers se sont considérablement étendues. Nous avons dû les recevoir plus souvent, et il est à croire que ces relations deviendront de plus en plus fréquentes dans l'avenir.

Ce n'est pas sans une certaine gêne, je ne veux pas me servir d'un autre mot, que j'ai souvent songé à la comparaison qui pouvait être faite entre l'installation des Sociétés similaires à la nôtre en pays étrangers et celle que nous avons à montrer ici. Et ne croyez pas qu'il s'agisse d'un sentiment de sotte vanité, que je répudie : c'est qu'il y a fatalement un rapport entre les signes extérieurs, qui frappent avant tout un étranger, et la situation, l'influence des membres d'une Société et le rôle qu'elle joue dans son pays. Comme vous tous, sans aucun doute, Messieurs, je désire vivement qu'en 1900, notre Société puisse recevoir nos Collègues de France et de l'étranger d'une manière plus digne d'elle. *(Bravo! Bravo! Applaudissements unanimes.)*

Mais ce qui est nécessaire n'est pas toujours réalisable.

Cette transformation est-elle prudente ?

Messieurs, dans ce monde, tous les organismes comme les individus sont soumis à la même loi, rien ne reste stationnaire. Cette situation d'équilibre est trop instable pour pouvoir être maintenue. Il faut croître ou décroître, prospérer ou tomber en décadence.

Si notre Société ne peut suivre la loi commune, et se développer, elle languira et bientôt sera atteinte dans les sources mêmes de sa vie. Est-ce donc ce sort que nous devons redouter pour elle ? Pour nous rassurer, Messieurs, il nous suffira de jeter les yeux sur son histoire, sur son origine, sur son développement, et il me semble que nous y trouverons des enseignements et de bien puissants motifs de confiance inébranlable dans son avenir.

Pour vous rappeler les origines de notre Société, il me faut remonter à des temps qui doivent paraître préhistoriques à la plupart de nos jeunes Collègues : ce n'est pas que je sois absolument contemporain de ces époques éloignées, mais il ne s'en faut pas de beaucoup. La Société a été fondée en 1848, et s'est seulement en 1852 que j'ai été appelé à l'honneur d'en faire partie. Par comparaison, je ne puis donc pas dire que ma noblesse remonte aux premiers temps de la monarchie, mais vous voyez que je puis au moins me réclamer des croisades.

C'est en effet en 1848 que quelques Ingénieurs civils, Petiet, A. Barraud, Faure et quelques autres, conçurent l'idée de créer la Société des Ingénieurs Civils. Ils s'adressèrent naturellement à E. Flachat qui adopta ce projet avec son ardeur accoutumée, et devint l'âme de l'association naissante. On recruta rapidement des adhésions dans l'élite des Ingénieurs Civils de l'époque, et la Société fut constituée. Après quelques réunions tenues chez Chaix, rue Bergère, on loua une espèce de magasin au premier étage, au fond d'une cour, dans une rue obscure, et d'ailleurs assez mal habitée, la rue Buffault, et la Société fonctionna sans délai. En 1851 elle comptait 242 membres; sa situation financière était naturellement fort modeste. Ses ressources réalisées ou à réaliser s'élevaient à 10 685 *f* et ses dépenses à 5 744 *f;* en juin 1852, elle avait en caisse 1 662 *f*.

Mais pour vous figurer l'éclat extraordinaire de ses séances, il faut vous représenter à la fois, le mouvement industriel de l'époque qui donnait naissance à tous nos grands chemins de fer, la composition de la Société dont les discussions étaient conduites par des Ingénieurs illustres entourés d'un état-major d'hommes éminents, et en même temps la diffusion encore très restreinte de connaissances aujourd'hui absolument vulgarisées. Notez, en effet, que l'industrie des chemins de fer était toute nouvelle, qu'il n'y avait en France qu'un bien petit nombre d'Ingénieurs capables d'étudier et de constructeurs en état d'exécuter une locomotive, que tous les problèmes de la voie, du matériel roulant, de la construction, se posaient à la fois; que E. Flachat commençait à peine à introduire le métal dans les constructions, qu'enfin la résistance des matériaux était si peu connue, que j'exagère certainement en avançant qu'à cette époque il y avait en France dix Ingénieurs capables de calculer une poutre continue. En Angleterre, où tout se

faisait alors par empirisme, ce soin était dévolu à un astronome, le professeur Airy.

Vous comprendrez alors, Messieurs, l'intérêt palpitant que présentaient ces séances dans lesquelles des Ingénieurs comme E. Flachat, Petiet, Polonceau. Perdonnet, Mony, Vuiguer, Forquenot, Nozo et bien d'autres, presque tous Ingénieurs en chef de grandes lignes, qui étudiaient en créant, venaient apporter à la Société le résultat de leurs études. E. Flachat mettait en outre à contribution ceux de ses Collègues éminents qui, comme Lechatelier et Philipps, comme l'illustre Poncelet, s'occupaient de la théorie des locomotives ou de mécanique appliquée, et apportaient à la Société la primeur de leurs travaux. Aussi, Messieurs, on peut dire que les mémoires de la Société dans ses huit ou dix premières années constituent l'histoire la plus complète des chemins de fer, et je ne crois pas qu'une autre encyclopédie puisse lui être comparée.

Pendant toutes ces années, le dévouement de notre état-major ne s'est pas démenti un instant. E. Flachat, Président une année, acceptait la Vice-Présidence l'année suivante, et tous l'imitaient.

Il est donc naturel que le succès ait couronné les efforts de nos illustres fondateurs. La Société s'est rapidement développée et, en 1868, Petiet jugeant avec raison que son installation était devenue intolérable, conçut le projet de l'établir dans un hôtel construit spécialement pour elle et qui fut sa propriété. Un emprunt était nécessaire à cet effet. Il fut facilement réalisé, et c'est ainsi que l'hôtel actuel fut construit.

A ce moment, Messieurs, cette mesure, quoique unanimement approuvée, parut hardie et ne laissa pas non plus, comme celle que nous prenons aujourd'hui, de faire naître des inquiétudes. On se préoccupait des engagements et des dépenses qui allaient peser sur la Société. L'avenir s'est chargé de répondre.

En 1872, première année de notre installation dans l'hôtel actuel, la Société comptait 1 072 membres. Ses revenus courants s'élevaient à 29 609 *f.*

Aujourd'hui la Société compte plus de 2 500 membres et ses revenus ordinaires s'élèvent à 80 000 *f.*

Non seulement l'accroissement de nos revenus nous a permis de faire face à toutes nos dépenses courantes, mais notre capital a à peu près quintuplé en vingt-trois ans. N'est-ce pas rassurant pour l'avenir ?

Messieurs, dans cette seconde étape de plus de vingt-trois ans que nous avons parcourue dans notre hôtel actuel, le caractère des travaux de notre Société s'est modifié comme l'industrie elle-même. L'industrie des chemins de fer, au moins dans sa forme d'origine, ne soulève plus que des problèmes d'importance secondaire, puis la mort nous a enlevé les maitres qui ont veillé avec tant de dévouement et jeté tant d'éclat sur les premières années de notre Société. Mais le champ de nos travaux s'est cependant étendu. Si une grande spécialité qui embrassait toutes les branches de l'art de l'Ingénieur ne peut plus qu'accidentellement provoquer notre intérêt, combien d'industries nouvelles se sont créées qui ouvrent un champ indéfini à notre activité? Trouverons-nous dans l'avenir un concours de circonstances aussi extraordinairement favorable que celui qui a soutenu nos débuts : la création d'une

immense industrie et l'appui d'une pléiade d'hommes éminents appartenant à notre Société et qui ont déversé sur elle une large part de la gloire qu'ils ont acquise ? J'ose dire que cela dépend beaucoup de nous-mêmes. Est-ce que, dans ce monde, ce qui paraît accompli n'est pas toujours à recommencer ? Je constatais tout à l'heure avec vous que l'industrie des chemins de fer ne soulevait plus guère de problèmes très importants ; j'avais soin d'ajouter : dans sa forme originelle. Mais voilà que l'électricité est déjà sur le seuil de la maison ; qui peut dire qu'elle n'y pénétrera pas pour s'y établir en maîtresse ? Sans doute la locomotive ne livrera pas le terrain sans combat. Elle progresse aussi et par des types nouveaux, dont l'un des plus remarquables est l'œuvre d'un de nos plus éminents Collègues et anciens Présidents, elle s'applique à la solution des problèmes d'accroissement de puissance et de vitesse qu'exige impérieusement l'exploitation des chemins de fer. Sans vouloir décourager les tentatives si intéressantes qui se poursuivent pour la création de la locomotive électrique, il est cependant permis de dire que, jusqu'à présent, cette dernière n'a pas encore conquis l'avantage. Mais nous n'en sommes qu'aux premiers essais et on ne peut exiger le succès du premier coup. Mesurez le chemin parcouru entre le *Rocket* de Stephenson et la locomotive de M. du Bousquet à laquelle je faisais allusion tout à l'heure !

D'ailleurs, est-ce sous la forme d'une locomotive quelconque que l'électricité s'appliquera à la traction sur les voies ferrées ? Serons-nous toujours obligés d'alourdir nos trains du poids de ces énormes machines ?

Quels que soient les progrès immenses accomplis par l'industrie dans ce siècle, il n'en est pas moins vrai que, si voisine que soit la machine à vapeur de la limite théorique de perfection qu'on peut attendre d'elle, elle ne nous permet de tirer des forces naturelles qu'un effet utile de quelques centièmes ! Mais nous ne sommes pas rivés à l'intermédiaire de la machine à vapeur et le génie humain nous ouvrira sans cesse de nouveaux horizons. Si je retiens votre attention sur ces considérations fort banales, c'est qu'il n'est pas inutile de réagir contre l'opinion trop répandue que le mouvement industriel est pour ainsi dire accompli et qu'il n'y a plus qu'à glaner dans un champ épuisé. La vérité est que nous traversons une époque de transition qui nous masque les transformations qui se préparent, et qui sont d'ailleurs la loi éternelle de l'industrie. Si la Société sait, par son activité, par l'attrait de ses discussions, par sa publicité, attirer et s'agréger les Ingénieurs, les savants, qui joueront le rôle principal dans cette prochaine évolution, sa prospérité, comme son influence, croîtront sans cesse comme sans limite.

Permettez-moi, en effet, Messieurs, d'insister un moment sur ce point d'une grande importance parce que je ne saurais trop faire ressortir combien le rôle de notre Société est utile, je dirai même nécessaire.

Lorsque dans une publication quelconque, revues, journaux scientifiques ou autres, nous lisons un mémoire, si intéressant soit-il, sur un sujet nouveau pour nous, nous éprouvons toujours une certaine défiance des conclusions, nous nous demandons si elles ne sont pas infirmées par d'autres travaux, si elles ne sont pas en contradiction avec quelques autres faits qui nous sont inconnus ; aussi l'expérience nous apprend

qu'il est prudent de suspendre notre jugement personnel jusqu'à plus ample informé, de consulter des spécialistes, de faire une enquête en un mot, sous peine de nous rallier, au moins pour quelque temps, à une opinion erronée.

Eh bien, Messieurs, le service considérable que rend en pareil cas une Société comme la nôtre, grâce aux compétences si diverses qu'elle renferme, c'est que la discussion suit le mémoire; c'est que les conclusions en sont confirmées ou contredites; que les éléments du procès sont tous mis sous nos yeux. Quelle que soit l'autorité de l'auteur du mémoire, quel que soit le rang qu'il occupe dans la hiérarchie de notre profession, les confirmations ou les contradictions que sa thèse rencontrera ici, lui seront aussi utiles qu'à nous-mêmes. Pour nos jeunes Collègues, en dehors de l'instruction précieuse qu'ils peuvent acquérir comme nous tous, la Société constitue un appui nécessaire à une époque surtout où l'encombrement de toutes les carrières crée aux débutants tant de difficultés. Il ne faut pas espérer que, dans des séances de quinzaines, la Société entende chaque fois une de ces communications qui révolutionnent la science. Aucune réunion scientifique ne peut se bercer d'un pareil espoir. Il y a place pour de plus modestes travaux. Un jeune Ingénieur peut intéresser la Société par une monographie qui ne demande pas l'expérience générale qu'il n'acquerrera qu'avec les années. Une observation bien faite, dénotant un esprit juste, clairement et sommairement exposée, peut signaler son nom à l'attention de ses Collègues et le mettre hors de pair. Combien de nos Collègues ont débuté ainsi et doivent en réalité leur carrière aux concours qu'ils ont su conquérir parmi nous ?

Notre Société, Messieurs, c'est donc notre patrimoine à tous, quelle que soit notre origine, quelle que soit notre situation dans l'industrie. Il faut l'aimer comme une seconde famille. C'est le lien qui nous unit, qui nous permet de défendre les intérêts et l'honneur de notre profession. Aussi suis-je certain que, pénétrés de ces sentiments, vous lui donnerez tout le concours qui lui sera plus que jamais nécessaire dans cette troisième phase de son existence.

Un mot encore avant de terminer. Le choix de l'emplacement du nouvel hôtel a naturellement soulevé beaucoup d'hésitations. Je ne vous étonnerai pas en vous disant qu'il n'a pas satisfait tout le monde. C'est que l'idéal sur lequel nous étions tous d'accord s'est trouvé irréalisable et qu'il a fallu nous contenter, suivant nos ressources et les occasions offertes, de la solution qui s'en rapprochait le plus. Eu égard à ces conditions, je n'hésite pas à dire que le choix auquel nous nous sommes arrêtés est aussi satisfaisant que possible. Vous savez que le service de l'emprunt et de son amortissement est assuré par nos ressources actuelles. Mais on ne peut douter que le chiffre des locations ne dépasse sensiblement celui que nous avons pu réaliser ici.

Ce serait d'ailleurs à mon avis une erreur de croire qu'une installation agréable et commode sera sans influence sur l'accroissement rapide du nombre de nos Collègues. Je pense que le rôle de la Société ne doit pas se borner à ses séances. Elle doit être aussi un centre de réunion facilitant les relations que la communauté d'affaires rend souvent

nécessaires entre nous. Elle doit nous offrir les avantages d'un Cercle. Or, ce rôle secondaire, si vous voulez, mais fort utile, notre hôtel actuel n'a pu le remplir. Ici, ce qui représente notre Cercle c'est l'escalier, condition aussi peu favorable aux épanchements de l'amitié qu'à une conversation sérieuse. Les dispositions du futur hôtel devront donner satisfaction à ce programme.

Messieurs, ce n'est pas sans grande appréhension que j'entre en fonctions. Je me rends parfaitement compte du fardeau que vous m'imposez. Il faut dépenser le moins d'argent possible, ne pas avoir de mécomptes, et vous faire un hôtel si complètement réussi qu'il ne soulève pas de votre part la moindre critique. Voilà le programme complet. Je compte sur le dévouement et le talent de nos Architectes, sur le concours de mes Collègues du Bureau et du Comité pour essayer de le remplir. Satisfaire un client est déjà difficile. Mais quand il a plus de 2 500 têtes, est-ce possible? C'est ce que je me demande avec inquiétude; aussi tout ce que je puis vous promettre, c'est que, tous, nous ferons de notre mieux. Depuis son origine, la Société a parcouru dans deux installations d'importance croissante, deux étapes à peu près égales d'environ 24 ans. C'est peut-être une loi! Pour consoler ceux de nos Collègues que notre nouvelle installation ne satisferait pas complètement, laissons-leur l'espoir que, dans 24 ans, le développement et la richesse de notre Société lui feront une nécessité de se faire construire un troisième hôtel, — qui cette fois sera un palais. *(Très bien! très bien! Vifs applaudissements.)*

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu de M. G. Lesourd une lettre relative au procès-verbal de la dernière séance.

Dans cette lettre, M. Lesourd reconnaît qu'il aurait pu, dans sa *Communication sur le frein électro-pneumatique* de M. CHAPSAL, mentionner, comme l'aurait désiré M. Walter Strapp, les valves à action rapide, construites par la Compagnie du Frein à vide. Cette omission provient, d'une part, de ce que M. Lesourd n'a eu en vue, dans sa communication, que les appareils à air comprimé à l'exclusion de tous autres et, d'autre part, de ce fait qu'il n'avait plus entendu parler de ces valves depuis 1889.

M. G. Lesourd ajoute que cette lettre ne peut que le confirmer dans son opinion sur les appareils à action rapide, puisque M. W. Strapp lui-même ne cite à leur actif que des applications très lointaines ou des récompenses honorifiques, méritées par l'ingéniosité des systèmes, abstraction faite de leur côté pratique; et que d'un autre côté il ne les signale nulle part comme fonctionnant normalement sur le continent européen.

Au surplus, M. Lesourd renvoie au *Bulletin officiel du Congrès international des Chemins de fer*, qui contient une étude très documentée sur la question confirmant pleinement sa manière de voir.

Sous le bénéfice de ces observations, le procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société le décès de trop nombreux Collègues :

M. Bianchi (Barthélemy), Ingénieur-constructeur, à Paris, administrateur de la Caisse d'épargne, officier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1862;

M. Dietz-Monnin (Charles-Frédéric), notre ancien Collègue au Comité, bien connu de tous les membres de la Société, Sénateur, ancien Présisident de la Chambre de commerce de Paris, membre du Comité consultatif des Chemins de fer, membre de la Commission supérieure de l'Exposition universelle de 1900, commandeur de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1876;

M. Morandiere (Édouard), frère de notre Collègue du Comité, ancien Ingénieur aux Compagnies des Chemins de fer d'Orléans et du Sud de la France, chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1864;

M. Moreau (Albert), l'un de nos plus anciens Collègues qui s'est spécialement occupé de chemins de fer en France et à l'étranger, membre de la Société depuis 1849;

M. Perrault (Auguste-Etienne), Ingénieur chef du service des travaux aux Anciens Établissements Cail, qui s'est en outre spécialement occupé de questions de tannerie, chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1869;

M. Pinel (Charles), Ingénieur-constructeur, à Rouen, juge au Tribunal de commerce de cette ville et administrateur de la Banque de France, membre de la Société depuis 1883.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

M. Ch.-H. Pedezert a été nommé chevalier de la Légion d'honneur;

MM. Baclé, Bonnaud et Ronna ont été nommés officiers de l'Instruction publique;

MM. Alexandre, Bunel et Marillier, ont été nommés officiers d'Académie;

M. Verdié a été nommé chevalier de l'Ordre de Sainte-Anne de Russie;

MM. A. Gottschalk et Sazerac ont été nommés membres du Conseil d'administration des Chemins de fer de l'État;

MM. Delaunay-Belleville, Fayol, A. Gottschalk, F. Reymond et Rogé (Xavier), ont été nommés membres du Comité consultatif des Chemins de fer;

MM. A. Gottschalk, E. Mayer, E. Pontzén et F. Reymond, ont été nommés membres du Comité technique de l'exploitation des Chemins de fer;

M. Marié (Georges), a obtenu le Prix Fourneyron, de l'Académie des Sciences, *ex-æquo* avec M. Lecornu, répétiteur à l'École Polytechnique.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste publiée à la suite du procès-verbal.

Il signale spécialement un ouvrage intitulé *Bois et Métaux*, par M. Eugène AUCAMUS (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics), don de MM. Pierre Jolibois, notre Collègue, et P. Vicq, éditeurs; et un ouvrage intitulé : *New-York City. Report to the Aqueduct Commissioners*, par

M. James E. Duane, président, contenant les rapports de M. Edward L. Allen, Secrétaire, et de M. Alphonse Fteley, Ingénieur en chef.

Cet ouvrage envoyé à notre Société par M. Fteley, que tous ceux qui ont fait le voyage des États-Unis en 1893 se rappellent certainement, paraît présenter un grand intérêt; un de nos Collègues sera chargé de l'examiner, avec prière d'en faire un compte rendu bibliographique, s'il y a lieu.

M. le Président dit que M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, par une lettre faisant suite à sa précédente communication du 14 novembre dernier, prévient la Société que le chargé d'affaires de France à Mexico lui a fait savoir que les études relatives à la réfection totale des égouts de la capitale fédérale sont terminées.

M. le Ministre du Commerce fait observer qu'il y aurait, par suite, grand intérêt à ce que les offres des constructeurs français fussent présentées dans le plus bref délai possible.

M. le Président a également reçu une lettre de M. le chevalier Th. de Goldschmidt, membre correspondant de la Société, à Vienne. Notre Collègue rappelle qu'il a précédemment écrit au sujet des grands travaux qui s'exécutent actuellement à Vienne. Il s'agit aujourd'hui de l'adjudication des travaux métalliques faisant partie de l'écluse d'entrée au *Donau-Canal*, bras du Danube qui traverse la ville.

Le montant des fournitures et travaux n'atteint que la somme de 113 204,24 florins. Le chiffre est donc peu élevé, mais les travaux sont intéressants au point de vue de la construction.

A cette lettre sont jointes deux notes relatives à cette adjudication et à ces travaux.

Elles sont à la disposition des Collègues que ces questions intéressent, au Secrétariat de la Société, et seront déposées aux archives.

M. le Président prévient l'Assemblée qu'à la date du 20 décembre 1895, notre Collègue, M. Barre (Armand-Charles), a déposé un pli cacheté au Secrétariat; comme d'usage, il lui est donné acte de ce dépôt.

M. le Président a reçu une lettre et une circulaire relatives au *Congrès de Carthage* que la *Société pour l'Avancement des Sciences* tiendra à Tunis les 1er, 2, 3 et 4 avril 1896. M. William Grosseteste, Président des sections III et IV (Navigation, Génie civil et Génie militaire), appelle l'attention sur l'intérêt que présenteront les séances de ces sections à cause des travaux exécutés ou en cours en Tunisie. La question de la traction mécanique des tramways sera mise à l'ordre du jour. M. W. Grosseteste demande que le titre des mémoires ou communications qui seront présentés, dans ces sections, lui soit envoyé dans le plus bref délai pour qu'il puisse en être fait mention au programme.

Enfin, une lettre de M. le Ministre de l'Instruction Publique, des Beaux-Arts et des Cultes prévient que le Congrès des Sociétés Savantes s'ouvrira le 7 avril prochain. Les communications doivent être signalées au Ministre avant le 15 janvier.

Ces deux documents sont à la disposition de nos Collègues au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'à la prochaine séance il compte communiquer à l'Assemblée les projets de l'Hôtel de la Société. Il sera heureux de recevoir les observations de ses Collègues.

Quelle que soit la hâte que l'on doive apporter au travail pour que l'Hôtel puisse être livré au 15 décembre 1896, et éviter ainsi à la Société une installation transitoire onéreuse, les projets sont dressés avec le plus grand soin, mais les détails ne sont pas achevés.

M. le Président a demandé à l'Architecte de la Société, M. F. Delmas, de hâter l'exécution du plan, qui a été étudié avec la plus grande attention par la Commission, avec les conseils de MM. Pierron et Bourdais.

A l'aide de quelques projections on pourra se rendre compte des principales dispositions de l'Hôtel à construire.

La parole est ensuite donnée à M. G. Trouvé pour sa communication sur *l'Acétylène et son emploi à l'éclairage domestique.*

M. G. TROUVÉ rappelle que l'acétylène a été découvert en 1836 par Edmond Davy, et complètement étudié en 1862 par M. Berthelot. Mais, si ce dernier attira sur lui l'attention des savants, ses travaux ne permirent pas de lui donner une utilisation pratique.

L'honneur de cette découverte était réservée à M. Moissan; c'est grâce aux recherches de ce savant qu'on peut aujourd'hui employer pratiquement l'acétylène comme on utilisait déjà l'acide carbonique et l'oxygène.

Toutefois, M. G. Trouvé ne veut pas discuter de question de priorité; il croit cependant que les investigations ont été faites en même temps en Amérique par M. Wilson, en France par M. Moissan, et que, chacun de son côté est arrivé à ce résultat remarquable, combiner dans le four électrique le carbone avec la chaux, ce qui ne s'était jamais fait jusque-là.

C'est donc, point remarquable à noter, l'électricité qui permet l'introduction dans la pratique d'un gaz qui va, sinon supplanter, tout au moins gêner singulièrement le développement de l'éclairage électrique.

L'acétylène est, comme le gaz d'éclairage, un carbure d'hydrogène, mais beaucoup plus riche en carbone; il est représenté par la formule :

$$C^2H^2$$

produit par la réaction :

$$2CCa + 2HO = C^2H^2 + 2CaO.$$

Ce carbure de calcium se produit à une température extrêmement élevée. Le four électrique donne une température qui peut dépasser 3 000°, et M. Moissan pense qu'elle peut atteindre au moins 4 000° C.

La température de combustion de l'acétylène a été étudiée par M. Lechatelier; avec l'oxygène pur on peut atteindre la température de 4 000°, et à l'air ordinaire on fond très facilement le platine, c'est-à-dire que l'on dépasse 2 000° centigrades.

Au moment où l'on put obtenir industriellement l'acétylène, on lui attribua toutes sortes de défauts : il était très toxique, très dense, sentait très mauvais et ne pouvait se brûler seul.

Au point de vue toxique, il résulte des expériences du Docteur Grehant, professeur au Muséum, communiquées à l'Académie des Sciences, que dans un mélange gazeux contenant, comme l'air, 20,8 0/0 d'oxygène,

une proportion de 40 0/0 d'acétylène ne tue pas un animal en une demi-heure. Un mélange de 79 0/0 d'acétylène et de 20,8 0/0 d'oxygène ne le tue pas en 10 minutes ce que fait un mélange gazeux contenant 14 0/0 de gaz d'éclairage et 1 0/0 d'oxyde de carbone.

Quant à la densité du gaz, c'est un avantage, car ce gaz, et particulièrement ce gaz humide, ayant presque la même densité que l'air se mélange très facilement avec lui et une fuite se reconnaît immédiatement; tandis qu'avec un gaz léger, la fuite n'apparaît le plus souvent que lorsque le danger ne peut plus être facilement évité.

Quant à la mauvaise odeur, elle provient surtout d'impuretés.

Enfin, avec quelques précautions, ce gaz brûle parfaitement seul et sans odeur et il a un pouvoir éclairant qui peut être évalué de quatorze à dix-huit fois le pouvoir éclairant du gaz ordinaire.

La composition du carbure de calcium pur est la suivante :

Calcium	62,5
Carbone	37,5
	100,0

Le carbure de calcium mis en contact avec l'eau la décompose à froid avec autant d'énergie que le ferait le sodium, mais la décomposition au lieu de donner un gaz non éclairant, fournit l'acétylène; la production du gaz est donc on ne peut plus facile.

1 *kg* de carbure pur est décomposé par 560 *g* d'eau, en donnant 345 *l* d'acétylène et laissant un résidu de 1 165 *g* de chaux hydratée.

Industriellement, on ne peut compter que sur une moyenne de 300 *l* de gaz qui peut s'abaisser même à 220 *l* avec les produits très impurs.

On peut aujourd'hui se procurer dans le commerce le carbure de calcium pur à 3,50 *f* le kilogramme et le carbure impur depuis 1 *f* jusqu'à 0,40 *f* (0,25 *f* même, disent les Américains).

Au prix de 0,40 *f* le kilogramme de carbure de calcium où on peut l'obtenir commercialement dès maintenant, prix qui s'abaissera encore vraisemblablement, le prix du carcel-heure fourni par l'acétylène n'est que de 0,01 *f*.

Il est intéressant d'examiner le tableau suivant :

Sources de lumière.	Prix du carcel-heure.	Calories dégagées.
	Centimes.	
Bougie stéarique	20	?
Pétrole.	2,7	300
Lampe électrique à incandescence. .	3	26
— à arc.	?	?
Bec de gaz ordinaire forme papillon.	5,8	660
— — forme bougie .	6	1 040
Bec Bengel.	3	520
Bec Auer ou système à capuchon *(sans tenir compte de l'usure des manchons)*.	0,6	100
Acétylène	1	74

L'éclairage par le gaz acétylène apparaît à M. Trouvé comme la véritable solution de l'éclairage domestique pour lequel le gaz et l'électricité ne donnent que des solutions dispendieuses et imparfaites qui ne sont pratiques, en outre, que dans les centres de populations agglomérées ; quant au pétrole, le public ne le subit qu'à regret, à cause de ses dangers et de son odeur, sans parler de l'inévitable suintement des lampes.

M. G. Trouvé a créé un type de lampes portatives à l'acétylène qui n'est pas dépourvu d'élégance et paraît de nature à donner toute satisfaction pour l'éclairage domestique. Il présente ses types à la Société en faisant remarquer les divers problèmes qu'il a eu à résoudre pour obtenir un gaz brûlant bien et une flamme fixe, et en particulier, pour le débarrasser de la majeure partie de l'eau entrainée et lui assurer une pression un peu élevée.

Il convient de n'utiliser dans ces lampes que du carbure de calcium pur ; de là, un prix de revient un peu élevé pour l'éclairage ainsi obtenu.

Mais lorsqu'il s'agit d'éclairer un petit hôtel, une villa, un château et, *a fortiori*, un établissement industriel, il suffit d'établir une canalisation et un très petit gazomètre de quelques centaines de litres, le gaz se produisant au fur et à mesure de la consommation ; on pourra alors utiliser le carbure de calcium impur et l'on aura ainsi, à bas prix, un éclairage tout à la fois beau, commode et dépourvu de dangers.

Cet éclairage pourra même être utilisé en photographie ainsi que MM. Trouvé et Vidal l'ont montré à la Société de Photographie. Le pouvoir photogénique de l'acétylène est, en effet, toutes choses égales d'ailleurs, cent quarante-huit fois supérieur à celui de la bougie. Avec un temps de pose ne dépassant pas cinq secondes, on obtient des épreuves remarquablement réussies.

A un autre point de vue, le carbure de calcium peut être considéré comme l'accumulateur d'énergie par excellence.

M. Trouvé, après cet exposé, fait devant la Société diverses expériences comparatives sur le pouvoir éclairant du gaz ordinaire d'éclairage et de l'acétylène.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. G. Trouvé de sa communication et aussi des expériences dont il l'a fait suivre, qui ont vivement intéressé l'assemblée.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A.-P. Bergès, E.-J.-B. Calendini, M. Degeorge, J.-F. Lafargue, A. Larnaude et B. Sincholle comme membres sociétaires, de M. E. Hecht, comme membre associé.

Sont reçus : MM. N. Mazen et F. Sà, comme membres sociétaires et MM. J.-A.-V. Robin, A. de Dion et E. de Zuylen de Nyevelt, comme membres associés.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 24 JANVIER 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT dit que quelques inexactitudes et omissions, sans grande importance, se sont glissées dans l'impression du Procès-verbal de la précédente séance; il prie les Collègues qu'elles concernent de vouloir bien les excuser.

Ces erreurs seront, du reste, rectifiées lors de l'impression définitive au *Bulletin*.

Sous réserves de ces observations, le procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il est heureux de n'avoir aucun décès à signaler depuis la dernière séance.

M. E. POLONCEAU donne lecture d'une notice nécrologique sur M. E. Morandiere, frère de notre Collègue du Comité. Cette notice sera insérée au *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

M. P. Roger a été nommé officier de l'Instruction Publique;

M. J. Damien a été nommé officier d'Académie et a de plus obtenu une médaille d'or à l'Exposition du travail qui a eu lieu en décembre dernier.

MM. J.-E. Bocquin, Lacazette, Louisse et Teisset ont été nommés chevaliers du Mérite Agricole.

M. F. Valton, a reçu de la Société des Ingénieurs des Mines Russes, une médaille commémorative à l'occasion du 25e anniversaire de l'introduction du procédé Martin-Siemens en Russie.

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les ouvrages reçus, *Le Traité pratique du calcul des ponts métalliques, conformément aux prescriptions ministérielles du 29 août 1891* par M. A. Dominois, et *une Étude sur l'espace et le temps*, par M. G. Lechalas.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que la Société doit nommer trois des membres du Jury du Prix Giffard. Les membres qui font déjà partie de ce jury sont : M. le Président, MM. les Vice-Présidents et MM. P. Bodin, A. Liébaut et L. Parent, désignés par le Comité.

Il est procédé au vote et MM. V. Picou, J. Carpentier et A. Hillairet sont nommés membres du jury.

M. E. Hardy a la parole pour sa communication sur *L'Application des vibrations sonores à l'analyse de deux gaz de densité différente, au moyen de l'appareil dit Forménophone.*

M. Hardy rappelle d'abord que, toutes choses égales d'ailleurs, la hauteur du son d'un tuyau sonore dépend de la densité du gaz qui le fait parler, de sorte que si deux tuyaux d'orgue accordés dans l'air pur, parlent à l'aide de deux soufflerie distinctes alimentées toutes deux d'air pur, les tuyaux d'orgue rendent l'unisson et il ne se produit pas de battements, mais si l'une des soufflerie est alimentée avec un mélange d'air et d'une quantité même très minime d'un gaz étranger comme le formène ou l'acide carbonique, le son du tuyau sonore correspondant est modifié et les deux tuyaux parlant en même temps produisent des battements dont le nombre en un temps donné est proportionnel à la quantité du gaz étranger mélangé à l'air.

L'une des soufflerie parle avec toujours le même air pur enfermé dans une enveloppe étanche.

L'autre soufflerie parle avec l'air ambiant. Cet air est aspiré au travers d'un laveur contenant une solution concentrée de potasse qui débarrasse complètement et avec la plus grande facilité le mélange gazeux aspiré, de l'acide carbonique qu'il pouvait contenir.

Les deux gaz au sortir des soufflerie et avant d'arriver aux tuyaux sonores passent par un régularisateur de température qui ramène ces deux gaz à la même température.

Les deux gaz sont ramenés aussi tous deux à la saturation de vapeur d'eau.

Toutes les causes d'erreur sont donc éliminées par l'appareil lui-même et l'on n'a aucune correction à faire.

Un microphone est installé sur chacun des tuyaux sonores, le courant électrique traverse successivement ces deux microphones et vient passer par un récepteur téléphonique placé à une distance quelconque. Ce récepteur répète en les accentuant soit le son pur des tuyaux sonores, soit les battements qu'ils produisent.

On peut également enregistrer la quantité de gaz étranger mélangé à l'air. A cet effet, deux tubes acoustiques partent des tuyaux sonores et viennent aboutir à un résonnateur fermé par une membrane. Cette membrane participe donc aux vibrations des deux tuyaux sonores. Lorsqu'ils donnent l'unisson, la membrane vibre régulièrement avec toujours la même amplitude. Mais lorsqu'il y a battements, la membrane décrit alternativement de grandes et de petites amplitudes. Cette différence d'amplitude est utilisée pour rompre un circuit électrique lors des grandes amplitudes, c'est-à-dire à chaque battement.

Ce courant électrique passe par un relais télégraphique, ce relais fonctionne donc à chaque battement.

Une horloge tire continuellement une large bande de papier, l'un des mobiles de l'horloge établit chaque cinq minutes, un contact qui dure exactement vingt secondes. Le courant d'une pile locale commandée par le relais passe par ce contact de vingt secondes et passe ensuite par un électro-aimant. Cet électro-aimant devient donc actif à chaque battement qui a lieu pendant les vingt secondes d'observation.

Il agit sur un cliquet et à chaque battement fait avancer d'une dent une roue à rochet. Ce rochet communique son mouvement à une autre roue dont l'axe porte une aiguille armée d'une molette encrée.

Cette aiguille part de zéro à chaque observation et sa molette trace un arc de cercle sur la bande de papier en déposant un point chaque battement observé.

Lorsque le contact de vingt secondes arrive à sa fin, l'aiguille s'arrête et quelques secondes après un débrayage spécial commandé par l'horloge ramène l'aiguille et sa molette à zéro.

Tout est donc prêt pour une nouvelle observation.

M. H. Couriot, dit qu'il est heureux de rendre hommage à l'esprit inventif de M. Hardy, qui s'est appliqué à créer un appareil fort ingénieux et intéressant; toutefois, il pense qu'il faut considérer le *Forménophone* comme un appareil de laboratoire pouvant donner, peut-être, des indications précises dans les mains d'un expérimentateur habile et exercé comme l'inventeur, mais il hésiterait à le consulter exclusivement, s'il était transporté dans l'atmosphère souterraine, redoutant de le trouver en défaut et de ne recevoir de lui que des renseignements manquant de la précision indispensable, quand il s'agit de connaître la teneur exacte en grisou d'un quartier ou d'un chantier suspect de la mine.

M. Couriot déclare ne pas insister sur le caractère peu portatif de cet appareil qui, tel qu'il est constitué, n'est pas transportable dans la mine et il arrive tout de suite à l'examen des résultats qu'on peut attendre de son fonctionnement.

Cet appareil est basé sur les battements qui se produisent quand on fait passer simultanément, dans deux tuyaux sonores identiques, des gaz de densité différente; du nombre des battements par seconde, on déduit la densité du gaz qui les a produits, le nombre de ces vibrations ou renforcements du son principal croissant avec la différence des densités des deux gaz qui traversent les tuyaux sonores.

On voit que les indications de l'appareil sont bien en rapport avec la densité des gaz; ces indications pourraient donc être très exactes si la densité du grisou était constante, mais il est loin d'en être ainsi : cette densité peut varier dans des limites très grandes, le grisou n'étant pas du formène pur, mais de l'hydrogène protocarboné, associé à d'autres gaz dans des proportions très variables.

Des observations, publiées dans des procès-verbaux de la Commission française du grisou, il résulte que la densité du grisou peut varier de 0,5802 à 0,966; aussi, sans se montrer aussi affirmatif que l'est M. Hardy au sujet de l'absence dans l'air grisouteux, d'autres hydrocarbures que le formène, il faut reconnaître que la densité du grisou peut être affectée par la présence, dans l'atmosphère de la mine, de l'acide carbonique et par celle de la vapeur d'eau. Celui des deux corps qui viciera le plus désavantageusement les résultats enregistrés par l'appareil, c'est l'acide carbonique, eu égard à sa densité élevée (1,529); le calcul démontre, en effet, que 1 0/0 d'acide carbonique peut contre-balancer et dissimuler la présence de 1,2 0/0 de grisou dans la mine, ou ce qui revient au même, que 6 0/0 d'acide carbonique peut masquer jusqu'à 7,2 0/0 de

grisou ; si on se souvient que le grisou s'enflamme à 7 0/0 et détone à 8 0/0, on voit que cette proportion de 6 0/0 d'acide carbonique, qui a été très exceptionnellement rencontrée, il est vrai, dans le grisou, peut empêcher de constater dans la mine un mélange inflammable et bien près d'être explosif !

La proportion de 2,72 0/0 d'acide carbonique que l'on a rencontrée quelquefois dans les retours d'air, dissimulera 3,26 0/0 de grisou, proportion très supérieure à celle de 0,50 0/0 que tolèrent, comme limite maxima, les règlements de certains bassins houillers.

L'acide carbonique paraît bien affecter aussi la précision des indications que fournit la lampe de sûreté, utilisée couramment dans les mines pour la recherche du grisou, mais il ne l'affecte certainement pas dans une proportion semblable.

L'influence exercée par la vapeur d'eau (0,622) sur les indications de l'appareil s'exercera en sens inverse, en diminuant la densité de l'air traversant l'appareil ; le calcul établit encore que 1 0/0 de vapeur d'eau produira le même effet dans le forménophone de M. Hardy, que 0,85 0/0 de grisou, qu'en un mot 2 0/0 de vapeur d'eau, proportion qu'on peut rencontrer dans les retours d'air, comme conséquence de la respiration, de la combustion des lampes et de l'arrosage, dans les mines poussiéreuses où l'on peut redouter les *coups de poussière*, fera croire à 1,7 0/0 de grisou, alors que l'atmosphère pourra n'en renfermer aucune trace.

Il est donc indispensable de n'opérer avec le forménophone que sur du gaz absolument pur et, on le voit, ce n'est pas le cas du grisou.

La densité de l'air grisouteux n'est pas modifiée seulement par le mélange au grisou de gaz étrangers, mais encore par l'influence que la température peut exercer sur l'air de la mine, car, pour que le fonctionnement de l'appareil soit satisfaisant, il faut que les deux courants gazeux, traversant les deux tuyaux sonores, soient rigoureusement à la même température.

On ne peut espérer que l'air extérieur, introduit dans la mine comme terme de comparaison, sera exactement à la température de l'air grisouteux qui, notamment à l'état stagnant dans les *cloches*, est en contact avec les roches, et prendra leur température croissant avec la profondeur, de là l'importance qui s'attache au rôle que doit jouer la petite caisse dont vient de parler l'inventeur, et qui a pour but de placer dans des conditions isothermiques les deux gaz dont on se propose de faire l'analyse acoustique. Il faut être bien certain du bon fonctionnement de ce régularisateur de température que traversent très rapidement les deux gaz comparés, car, là encore, un écart de 1° seulement dans la température des deux courants gazeux, modifiant leur densité, correspondra à 0,0075 de grisou ; un écart de 10° entre l'air de la mine et celui pris au jour comme terme de comparaison, correspondrait à 0,075, soit à 7,5 0/0 de grisou, faisant soupçonner une atmosphère inflammable, alors que la dilatation de l'air serait la seule cause du phénomène accusé par l'appareil.

Ces considérations rendent suspects à M. Couriot les résultats qu'il faut attendre des indications fournies par le forménophone, d'ailleurs il ne faudrait pas croire que les mines ne possèdent pas des moyens très

rigoureux d'appréciation de la teneur en grisou de l'atmosphère souterraine : la lampe de sûreté, que tous les mineurs ont entre les mains, donne déjà des indications très précieuses et très exactes. Un observateur très exercé, — tous n'arrivent pas à ce résultat, — peut déceler avec la lampe Mueseler 0,008 de grisou dans l'atmosphère des mines ; avec le dernier modèle de la lampe Fumat, sur laquelle se trouve, en arrière de la flamme, un réflecteur qui peut recevoir une échelle graduée, il devient possible de mesurer très exactement l'allongement de la flamme, et d'avoir des indications correspondant à une demi-division ; c'est-à-dire à 0,004 de grisou.

Ces teneurs, très minimes, et de beaucoup inférieures à celle de 0,070. qui correspond à l'inflammation du grisou, peuvent donc être révélées par un appareil portatif, placé dans les mains de tous les ouvriers, qui est simple, robuste et très suffisamment précis ; veut-on cependant une exactitude plus grande ? On aura alors recours aux lampes à flamme d'alcool, dont le peu d'éclat accuse davantage les auréoles produites par la combustion du grisou, et notamment à la lampe grisoumétrique Chesneau qui commence à donner des indications assez précises à la teneur de 1 à 2 millièmes de grisou dans l'air.

M. Couriot ajoute que M. Hardy n'a pas fourni de chiffres concernant les approximations auxquelles il pense arriver dans l'emploi de son appareil, mais il lui paraît douteux que, par une méthode acoustique, c'est-à-dire basée sur les appréciations que peut donner un sens comme l'ouïe, on arrive à doser des proportions aussi faibles de grisou dans l'air.

Si, quittant la mine, on passe aux appareils du laboratoire, on y trouve l'appareil Lebreton qui, basé sur les limites d'inflammabilité des mélanges de grisou et d'hydrogène bicarboné, permet d'apprécier des teneurs d'un demi-millième de grisou, c'est-à-dire des proportions bien inférieures à celle explosive de 8 0/0.

M. Couriot termine en disant que les mines possèdent des moyens d'investigation très puissants qui leur permettent de se renseigner très rigoureusement et à tout moment, sur la composition exacte de l'atmosphère souterraine, et ce ne sera que par l'absence de contrôle et d'observation ou par le mauvais état d'entretien des appareils qu'on pourra mettre en péril la population des mines.

M. P. Gassaud déclare qu'il rend, lui aussi, pleinement hommage à l'ingéniosité de l'appareil imaginé par M. Hardy, mais il se demande si l'on peut entièrement supprimer l'emploi du caoutchouc *du côté « air pur »*. Si le caoutchouc ne se trouve pas absolument éliminé pour les conduites comme pour les membranes, il craint qu'il n'y ait là une cause d'erreur d'une certaine importance, par suite du phénomène d'endosmose, un échange gazeux se faisant au travers des enveloppes entre la masse d'air confiné considéré comme air pur et l'air extérieur. Il y aura tout à la fois modification de composition de cet air et modification de sa pression ; le phénomène ira naturellement en s'accentuant. C'est un double fait que M. Gassaud tient à signaler à l'inventeur pour qu'il puisse y parer.

Du côté « atmosphère à étudier », il y aura encore endosmose au travers

des parois de caoutchouc, par suite, erreur si l'atmosphère n'est pas homogène, mais sur sa composition seulement ; d'ailleurs cette cause d'erreur sera généralement sans aucune importance. Dans certains cas particuliers, cependant, elle pourra encore se faire sentir, mais bien faiblement.

M. E. Hardy répond à M. Couriot que ces objections ont déjà été faites par M. Rateau, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, la méthode d'analyse acoustique ayant été présentée à la Société de l'Industrie Minérale à l'insu et sans l'autorisation de l'auteur. Cette présentation a été absolument incomplète, spécialement au point de vue de l'acide carbonique, de l'hygrométrie et de la température. Les objections de M. Rateau sont contenues dans le bulletin mensuel de la Société de l'Industrie Minérale de Saint-Étienne, n° d'avril 1895, où chacun a pu les trouver.

M. E. Hardy fait remarquer qu'il a expliqué dans sa communication que l'acide carbonique était entièrement absorbé avec la plus grande facilité, par une solution de potasse contenue dans un vase de fonte de fer, d'une forme, telle que la solution de potasse ne peut jamais pénétrer dans l'appareil, que les deux gaz sont ramenés au même degré hygrométrique et que le régularisateur de température qu'il a expliqué ramène les deux gaz à la même température, à une fraction de dixième de degré près. Les objections de M. Couriot tombent donc d'elles-mêmes : du reste, la Commission du grisou fait en ce moment au Conservatoire des Arts et Métiers avec les appareils de M. E. Hardy et conjointement avec lui des expériences précisément pour vérifier la valeur de ces objections. Lorsque ces expériences seront terminées, M. E. Hardy présentera à la Société des Ingénieurs Civils de France, un mémoire où la méthode sera complètement expliquée et qui contiendra le résultat de ces expériences.

Quant à l'objection de M. Gassaud pour l'endosmose des gaz, M. E. Hardy fait remarquer que les tubes et les membranes qui ferment les tubes acoustiques doivent être métalliques et qu'à la température ordinaire les métaux sont imperméables aux gaz. Que, du reste, dans la pratique, il sera bon de ne pas laisser l'air pur trop longtemps dans l'enveloppe étanche sans être renouvelé.

M. Couriot est heureux d'apprendre que des expériences vont être faites sous le contrôle de la Commission du grisou pour examiner la valeur des objections qui ont été formulées dans diverses enceintes au sujet du *Forménophone*; il ajoute qu'il croit que les dispositions à prendre pour absorber totalement l'acide carbonique et la vapeur d'eau dans un appareil portatif et transportable dans les mines seront peu faciles à réaliser.

M. le Président dit qu'il est difficile, pour le moment, d'apprécier quel sera le sort de l'appareil de M. Hardy, quant à son application dans les mines, mais il est certain que cet appareil est des plus ingénieux et très intéressant. En outre, M. Hardy parait avoir répondu par avance à une grande partie des objections qui viennent de lui être faites. M. le Président espère que le résultat des essais actuellement en cours sera

favorable aux appareils de M. Hardy et il remercie ce dernier de son intéressante communication.

M. le Président donne la parole à M. J. Dybowski, Professeur de cultures coloniales à l'Institut national agronomique, qui veut bien nous entretenir de *L'Agriculture des colonies Françaises à la côte occidentale d'Afrique*, question qu'il a étudiée tout particulièrement dans ses explorations bien connues de nous tous.

M. Dybowski après avoir montré que le commerce seul, basé sur l'exploitation des produits naturels du sol, est incapable d'assurer la prospérité des régions soumises à notre influence pour la raison que ces produits spontanés finissent bientôt par s'épuiser, s'attache à démontrer que seule l'agriculture est capable d'assurer à nos possessions la prospérité qui doit leur revenir de par leur situation privilégiée.

Il examine ensuite quelles sont les plantes dont la culture sera possible. Pour les bien déterminer, il importe d'étudier le climat sous le double point de vue de la température moyenne et de la quantité d'eau qui tombe annuellement. A cet égard, le climat du Congo français convient admirablement à un certain nombre de productions, parmi lesquelles celle du cacao compte comme une des plus importantes. De grandes plantations ont été faites et les récoltes, commencées déjà, montrent ainsi que les prévisions étaient bien fondées.

Il termine en montrant tout l'avantage qui doit résulter, tant pour les intérêts de la nation que pour ceux des particuliers, de la propagation de semblables entreprises.

M. le Président remercie M. J. Dybowski de sa si intéressante communication. Il est bien certain que les Français hésitent à porter leurs capitaux dans les colonies, et cela précisément parce qu'il faut bien souvent attendre plusieurs années avant que le capital employé puisse commencer à fructifier, ainsi que vient de le dire M. Dybowski.

M. le Président donne la parole à M. F. Delmas, architecte de la Société, pour expliquer et décrire au tableau les *Plans du nouvel Hôtel* ainsi que les dispositions générales adoptées.

M. F. Delmas rappelle tout d'abord que le terrain du nouvel Hôtel a une surface de 700 m^2 environ, alors que celui de notre Hôtel actuel n'en a pas 200. Il décrit ensuite, à l'aide de projections, l'ensemble et les divers étages de l'Hôtel projeté dont les dispositions générales seront les suivantes : au rez-de-chaussée, une grande salle de Pas-Perdus donnant accès, d'un côté, par un escalier monumental, aux étages supérieurs, et, au fond, deux salles de séances pouvant être, soit isolées, soit réunies.

En temps ordinaire, ces deux salles qui pourront contenir, l'une environ 350 personnes et l'autre 150, seront séparées par des cloisons mobiles à double paroi. En cas de nécessité, elles seront réunies, ne formant ainsi qu'une seule salle d'environ 400 m^2 et qui pourra alors contenir environ 600 personnes. Les réunions plénières de la Société seront donc assurées dans tous les cas. *(Assentiment.)*

L'entresol est destiné à être utilisé pour la création d'un lieu de réu-

nion permettant aux membres de la Société de se rencontrer en dehors des séances, de se donner des rendez-vous d'affaires, en un mot, d'y trouver toutes les facilités désirables par le fonctionnement d'une sorte de cercle. *(Approbations unanimes.)*

Au premier étage, seront : la salle du Comité et les services des bureaux et du Secrétariat, caisse, bureau du Président, etc.

Au-dessus se trouvera la Bibliothèque qui comprendra : une grande salle principale avec trois salles annexes permettant aux membres qui désirent travailler de ne pas être dérangés par le va-et-vient des lecteurs de passage; un bureau pour le rédacteur de la chronique et des resserres et dépôts de livres, disposés de façon à assurer pendant de longues années le classement régulier et méthodique de tous les volumes que nous recevons annuellement.

Les pièces de tous ces étages seront largement éclairées, tant sur la façade que sur la grande cour dont les salles de séances forment le rez-de-chaussée et tous les étages seront desservis par un ascenseur et chauffés par un calorifère.

Enfin, au-dessus, se trouvent l'appartement de M. le Secrétaire Général et les combles, ainsi qu'un atelier de photographie.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'une Commission a été nommée avec mission de s'occuper de tout ce qui concerne la construction de l'Hôtel et plus spécialement de la discussion des plans; elle a rempli son mandat avec le plus grand dévouement. Très prochainement, cette Commission va se réunir pour approuver les dispositions définitives, car le temps presse. Si quelque membre avait des observations à faire au projet d'ensemble qui vient d'être soumis à l'Assemblée, M. le Président lui demande de les présenter sans retard.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J. Bonnet, H. Bouruet-Aubertot, L. Chambon, A.-A. Paul-Dubos, J.-A. Dreyfus, J.-P. Ferrière, L.-P. Frey, L.-A. Lambert, E.-R. Monod, A. Nançon, H.-R.-L. Reincke, A. Sauvert et G. Trouvé, comme membres sociétaires et de

MM. A. Cercelet, H. Chartran et E.-J. Cormerais, comme membres associés.

MM. A.-P. Bergès, E.-J.-B. Calendini, M. Degeorge, J.-F. Lafargue, A. Larnaude et B. Sincholle sont reçus comme membres sociétaires et M. E. Hecht, comme membre associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

MÉMOIRE

SUR LE

POINÇONNAGE ET LE CISAILLEMENT

DES MÉTAUX

PAR

M. Ch. FREMONT

Le présent mémoire étudie le poinçonnage et le cisaillement, en y distinguant les six parties suivantes :

1° Mesure de l'*effort* maximum développé dans chacune de ces deux opérations, et enregistrement du diagramme indiquant le travail dépensé ;

2° Observation des *déformations* du métal pendant le cours de ces opérations ;

3° Discussion de l'effet du *jeu* dans la matrice ;

4° Recherche de la meilleure forme de poinçon ;

5° Recherche de la cause de la détérioration du métal sous l'action de ces opérations ;

6° Examen de l'emploi de ces opérations comme méthodes d'essai des métaux.

PREMIÈRE PARTIE

Mesure de l'effort maximum dans le travail du poinçonnage et du cisaillement. Enregistrement du travail dépensé.

Recherches de MM. Joseph Colthurst, Edwin Clark, Gouin et Lavalley, Tresca, Berrier-Fontaine, Tolmer, Keller, Karmarsch, Hartig, Kick.

Recherches personnelles : *Dynamomètre de rotation, dynamomètre de compression, élasticimètre.*

Les premières recherches effectuées sur le poinçonnage paraissent remonter à cinquante-cinq ans; le 2 février 1841, à la séance

des Ingénieurs Civils de Londres (1), M. Joseph Colthurst communiquait le résultat des essais pratiques exécutés par lui en vue de déterminer « la force nécessaire pour poinçonner des trous dans du fer forgé et dans du cuivre ».

La machine employée dans ces recherches consistait en un levier de fonte de 11 pieds de long, donnant sur le poinçon un effort atteignant dix fois la valeur de la charge appliquée à l'extrémité de ce levier, laquelle était représentée par des poids suspendus.

Toutes les expériences ont été exécutées sur un poinçon unique du diamètre d'un demi-pouce (12,7 *mm*).

Les tôles de fer successivement poinçonnées présentaient les épaisseurs suivantes :

0,08 de pouce	= 2,03 *mm*.	Surface tranchée :	81 *mm*²
0,17	—	= 4,32	—	172
0,24	—	= 6,09	—	243

Pressions nécessaires pour obtenir le poinçonnage :

Sur la tôle de	2,03 *mm*	6 025 lbs	= 2 733 *kg*,	soit 33,70	par *mm*²
—	4,32	11 950	= 5 420	—	31,50	—
—	6,09	17 100	= 7 746	—	31,80	—

Les feuilles de cuivre présentaient, de leur côté, les épaisseurs suivantes :

0,08 de pouce	= 2,03 *mm*.	Surface tranchée :	81 *mm*²
0,17	—	= 4,32	—	172

Pressions nécessaires pour obtenir le poinçonnage :

Tôle de	2,03 *mm*	3 983 lbs	= 1 804 *kg*,	soit 22,27 *kg*	par *mm*²
—	4,32	7883	= 3 571	—	20,76	—

« Désormais, dit l'auteur, il est évident que la force nécessaire pour poinçonner est proportionnelle au diamètre des trous et à l'épaisseur du métal.

» Pour connaître en *livres* l'effort nécessaire au poinçonnage, il suffit de multiplier un nombre *constant* : 150 000 pour le fer, et 96 000 pour le cuivre, par le produit du diamètre du poinçon et de l'épaisseur du métal (en pouces). Il est à noter que la durée de la pression diminue considérablement la force maximum néces-

(1) *Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1837-1841. Volume I, page 60.

saire pour poinçonner, et que l'usage de l'huile réduit la pression d'environ 8 0/0. »

On voit que la considération du petit nombre d'expériences effectuées, et des divergences qu'elles présentent dans les résultats, n'a pas empêché l'auteur de conclure qu'il y a proportionnalité de l'effort développé avec l'épaisseur du métal poinçonné, non plus qu'avec le diamètre des trous, bien qu'il n'ait opéré cependant que sur un seul poinçon.

Il ne fait aucune allusion aux variations de pression dans le cours du poinçonnage, et il ne tient pas compte, d'autre part, de la résistance propre du métal.

Dix ans après, en 1850, Edwin Clark pratiqua des essais de cisaillement sur du fer à rivets dont la résistance à la traction était de 37,8 *kg* par millimètre carré (1).

« Les expériences furent faites au moyen d'un levier se mouvant dans la rainure d'un bloc de fonte. Les tiges en fer rondes, qu'on voulait cisailler, étaient passées par un trou pratiqué sur le côté du bloc, et le levier était pressé par-dessus au moyen de poids suspendus à son extrémité. »

On mesurait ainsi la force nécessaire pour déterminer le cisaillement simple ; dans le cas du cisaillement double, on n'avait qu'à pousser davantage la tige, de façon à faire pénétrer son extrémité dans un second trou percé de l'autre côté de la rainure.

En opérant ainsi, Clark a trouvé que, dans le premier cas, la résistance R_c, par unité de surface était sensiblement la même que la résistance à la traction R_t, tandis que, dans le cas du cisaillement double, la résistance (R_{cd}) était réduite à 0,915 R_t.

On ne peut s'empêcher d'observer qu'un appareil ainsi installé devait donner probablement des résultats d'une exactitude un peu douteuse, car la partie du levier servant d'outil tranchant, n'étant pas munie de lames d'acier, ne pouvait pas présenter des arêtes suffisamment vives, et, d'autre part, le point d'application de l'effort de cisaillement n'était pas déterminé d'une façon assez précise, et se déplaçait nécessairement en raison du jeu inévitable, plus marqué pour le cisaillement simple ; cette considération doit expliquer, sans doute, l'augmentation de résistance observée dans ce cas.

Deux ans plus tard, à l'occasion de la reconstruction du pont biais de Clichy, MM. Gouin et Lavalley, qui étaient chargés de

(1) *Rapport sur la résistance des métaux au cisaillement*, par M. V. Daymard. Commission des méthodes d'essai, t. III, page 209.

ce travail, voulurent vérifier les chiffres de résistances ainsi indiqués par les auteurs anglais, dans le but de déterminer le nombre des rivets à poser sur les joints de la nervure inférieure du tablier.

Ils firent (1) donc tourner de petites tringles en fer corroyé, dit extra-martelé de Grenelle, à des diamètres de 8, 10, 12 et 16 millimètres. Ces tringles étaient insérées en guise de goupilles dans deux pièces en acier trempé ; l'une d'elles, plate, pénétrait à l'intérieur des deux branches de la fourchette terminant l'extrémité de la seconde pièce ; le trou destiné à recevoir la tringle était parfaitement alésé, et, au moyen de poids convenablement placés, on tirait les deux pièces en sens contraires, jusqu'au complet cisaillement des petites tringles. Les efforts ainsi exercés au moment de la rupture ont été divisés par la somme des sections des deux surfaces de séparation, exprimées en centimètres carrés, et ce calcul a donné les résultats suivants :

Diamètres des broches.	Poids produisant la rupture par centimètre carré.
8 *mm*	3 270 *kg* (moyenne de 10 expériences)
10	3 155 — 10 —
12	3 148 — 10 —
16	3 183 — 10 —

Le même fer, tiré longitudinalement, se rompait seulement sous une charge de 4 000 *kg* par centimètre carré.

On voit dans ces deux séries d'expériences qu'il n'est pas encore question du diagramme du travail, mais qu'il est tenu compte de la qualité propre du métal.

Les expériences constamment rappelées, lorsqu'il s'agit de poinçonnage, sont celles de M. H. Tresca.

Pour mesurer les efforts qui déterminent le poinçonnage, M. H. Tresca s'est servi d'un manomètre indiquant la pression à l'intérieur de la presse hydraulique (2) (page 742).

(1) Société des Ingénieurs Civils de France, 1852, page 134. Mémoire n° 31. *Sur la reconstruction du pont biais de Clichy. Chemin de fer de Saint-Germain*, par MM. H. Mathieu et Lavalley.

(2) *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, volume XX, pages 617 à 838. *Ecoulement des corps solides. Mémoire sur le poinçonnage des métaux*, par M. H. Tresca. 31 mars 1869.

Poinçonnage du fer.

Page 756. — « Les expériences effectuées, dit M. Tresca dans son mémoire sur *l'Écoulement des corps solides*, se rapportent toutes au poinçon de 0,030 *m*.

» Les plaques poinçonnées étaient carrées, de 0,120 *m* de côté avec leurs épaisseurs variant de 0,005 *m* à 0,010 *m* et 0,017 *m*.

» Tableau indiquant les pressions en kilogrammes :

Numéros des expériences . .	2	3	4
Épaisseur des blocs	0,0055 *m*	0,010 *m*	0,017 *m*
Efforts pour un enfoncement de 1 *mm* . .	6 841 *kg*	24 698 *kg*	21 620 *kg*
— 2 . .	9 277	24 698	21 620
— 3 . .	14 410	»	31 812
— 4 . .	10 321	»	»
— 5 . .	7 363	»	22 052
— 6 . .	»	»	22 533
— 7 . .	»	»	23 014
— 8 . .	»	»	23 062
— 9 . .	»	»	23 159
— 10 .	»	24 698	23 159
— 17 . .	»	»	23 159

» L'effort a été très différent pour les diverses parties de la première expérience. Il est, au contraire, resté presque constant dans les deux autres, les deux maximum qui correspondent à ces dernières étant de 24 698 *kg* et 23 159 *kg*, dont la moyenne est 23 928 *kg*.

» On voit que la pression par centimètre carré de la surface du poinçon s'est élevée à 23 928 : 7,065 = 3 038 *kg*, représentant 3 000 *atm* environ. Dans les conditions les plus similaires, le plomb n'a exigé que 1 000 *atm*.

» Dans les deux expériences principales, la courbe représentative de la loi des pressions est une droite parallèle à l'axe, dont il n'est pas nécessaire de donner un tracé spécial. »

On remarquera tout d'abord que ces expériences, sembleraient indiquer qu'il faut, pour poinçonner du fer de 17 *mm* d'épaisseur, une pression *plus faible* de 1 539 *kg* que pour poinçonner du fer de 10 *mm* d'épaisseur, ce qui est évidemment inexact, et il y a là un résultat qui ne peut s'expliquer que par une différence de qualité des métaux éprouvés.

Il n'est pas exact, non plus, que l'effort soit constant et que la courbe représentative de la loi des pressions soit une droite paral-

lèle à l'axe ; c'est là un résultat d'observations qui doit s'expliquer peut-être par un défaut de sensibilité du manomètre indicateur employé, car nous verrons d'ailleurs que la loi ainsi posée se trouverait contredite par l'observation des faits.

On peut ajouter d'autre part qu'il ne convient pas d'évaluer la pression en fonction de la surface du poinçon, car le poinçonnage est un travail de cisaillement et non pas d'écrasement, il n'y a pas lieu non plus d'additionner les pressions correspondant à *deux épaisseurs différentes* pour en prendre la moyenne.

Il semble d'ailleurs que les chiffres indiqués devaient être entachés d'erreur, car le rapport des pressions développées pour le poinçonnage du plomb et pour celui du fer n'est pas de 1 à 3, mais bien de 1 à 20 environ.

En résumé, ce travail sur l'écoulement des corps solides a été exécuté dans des conditions de précision insuffisantes, quelque défaut caché dans l'installation des appareils employés a dû vicier sans doute les résultats obtenus ; malgré tout le soin que l'auteur a pu apporter dans l'exécution.

Environ cinq années après la publication des travaux de M. Tresca, un de nos plus distingués Ingénieurs de la Marine, M. Marc Berrier-Fontaine eut à installer dans l'arsenal maritime de Toulon un atelier de tôlerie pour la construction des bâtiments en fer.

Son choix, dicté par des considérations économiques et ratifié par le Ministre, porta sur les machines-outils anglaises du système de M. Tweddell.

Le Conseil de l'« Institution of Mechanical Engineers » pensant qu'il avait intérêt à décrire cette installation nouvelle, sollicita à cet effet M. Berrier-Fontaine qui après autorisation du ministre de la Marine, consentit à rédiger quelques notes lues le 12 juin 1878, au Congrès tenu à Paris à l'occasion de l'Exposition universelle, et il fut ainsi l'un des premiers ingénieurs qui effectuèrent un travail d'observation précise sur cette question du poinçonnage et du cisaillement.

Ce travail consiste surtout en diagrammes relevés sur les machines-outils pendant leur fonctionnement :

Page 31 (1). — « L'indicateur qui a servi à obtenir les courbes est un indicateur Richards, modifié de manière à le mettre en

(1) Extrait du bulletin « The Institution of Mechanical Engineers ». *Notes sur l'outillage hydraulique* de l'atelier de tôlerie des bâtiments en fer de l'arsenal maritime de Toulon, par M. Marc Berrier-Fontaine, page 31.

état de mesurer avec ses ressorts ordinaires des pressions pouvant atteindre 150 et 200 *kg* par centimètre carré (2 250 et 3 000 livres par pouce carré) ; il a suffi, pour obtenir ce résultat, de remplacer le cylindre à vapeur de l'indicateur et son piston par un nouveau cylindre d'une section beaucoup plus faible et par un petit piston hydraulique avec garniture emboutie en peau de daim ; le rapport de la section du nouveau cylindre à celle de l'ancien étant connu, il est facile d'en déduire l'échelle des pressions correspondant à chacun des ressorts de l'appareil. »

Page 37. — « Ces diagrammes, relevés en très grand nombre sur les diverses machines-outils : riveuses, cisailles, poinçonneuses, etc., n'ont pas été calculés complètement ni étudiés avec toute l'attention qu'ils méritent, M. Berrier-Fontaine, absorbé par ses importants travaux ayant manqué du temps matériel nécessaire. »

Voici textuellement le passage relatif au travail de poinçonnage et de cisaillement :

Page 33. — « Lorsque le poinçon arrive au contact de la tôle, son mouvement est à peu près arrêté, et la pression s'élève jusqu'à ce qu'elle ait atteint la limite nécessaire pour cisailler la tôle sur le pourtour de l'outil ; cela fait, *la pression redescend presque aussi rapidement qu'elle était montée*, l'outil n'ayant pas d'autre effort à faire que de pousser la débouchure hors du trou.

» Pour la machine à poinçonner, la pression maximum indiquée par la courbe ne correspond pas à la pression constante des accumulateurs, mais seulement à celle qui est strictement nécessaire pour effectuer le travail que l'on demande à la machine. Le travail moteur dépensé étant d'ailleurs toujours mesuré par la dépense du volume d'eau sous pression égale à la section du piston qui conduit l'outil, multipliée par la course de ce dernier, on voit que dans ce cas le rapport du travail utile obtenu, au travail moteur dépensé peut être très faible, et d'autant plus faible que le travail utile demandé à la machine est plus au-dessous du travail maximum qu'elle est capable d'exécuter. »

Page 34. — « Les courbes de la machine à cisailler les cornières sont à peu près semblables à celles de la machine à poinçonner ; cette similitude s'explique par la disposition des lames de nos machines à cisailler les cornières, dans lesquelles les deux arêtes de la lame sont à peu près parallèles aux arêtes correspondantes

de la contre-lame, d'où il résulte que la cornière est cisaillée d'un seul coup sur toute la section à la fois.

» Sur les courbes de la machine à cisailler les tôles dans laquelle

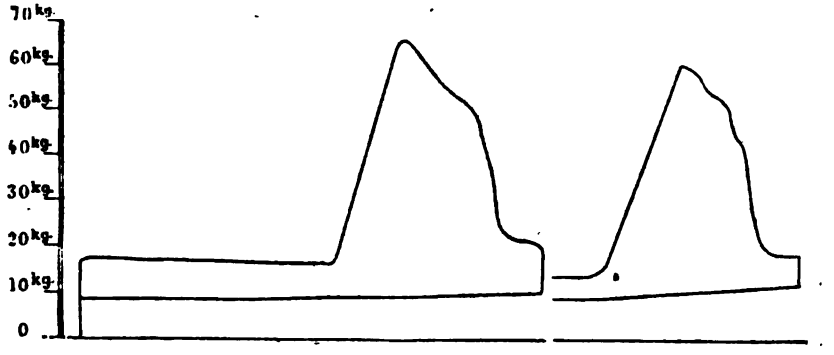


FIG. 1 et 2. — Diagrammes de poinçonnages, d'après M. Berrier-Fontaine.

la lame a une certaine inclinaison sur la contre-lame, on reconnaît un autre caractère. Sans parler de la partie qui correspond à la portion inutile de la course, ces courbes présentent au moins

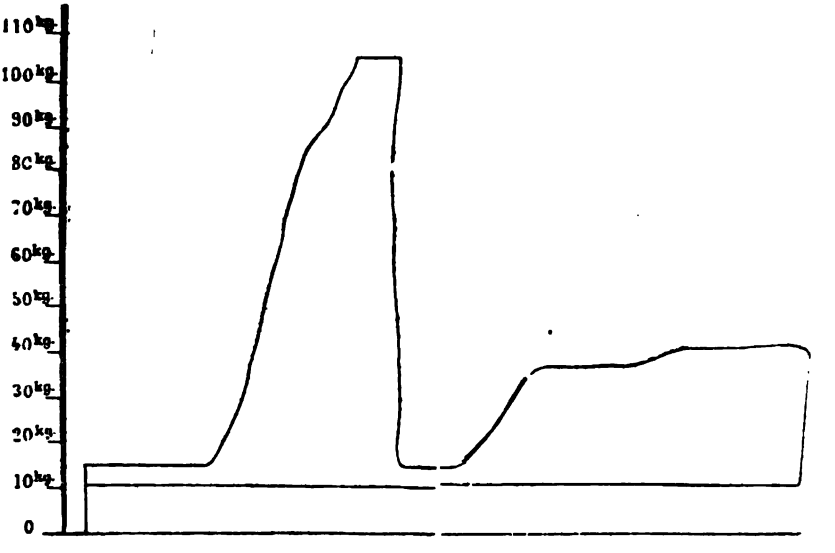


FIG. 3 et 4. — Diagrammes de cisaillements par lames obliques, d'après M. Berrier-Fontaine.

deux autres parties bien distinctes : la première correspond à la période du travail dans laquelle l'effort exercé par l'outil s'accroît de plus en plus, à mesure que la section attaquée devient de plus

en plus grande ; la seconde, qui indique *une pression constante*, représente la période pendant laquelle la section attaquée reste constante de son côté. Cette partie de la courbe est la dernière dans le cas où la largeur de la tôle est assez grande pour que le coup de cisaille représenté par la courbe ne soit pas suffisant pour la couper complètement; si, au contraire, la tôle est assez étroite pour qu'un seul coup de cisaille suffise à la couper sur toute sa largeur, la courbe correspondante se termine par une troisième partie dans laquelle la pression décroît progressivement, à mesure que la section attaquée devient de plus en plus réduite. »

Si l'on examine les diagrammes *(fig. 1, 2, 3, 4)* qui accompagnent ce travail, on remarque que ceux du poinçonnage et du cisaillement par lames parallèles présentent *tous une forme angulaire.*

Le texte confirme cette observation : la pression monte rapidement pour atteindre le maximum de pression et redescend presque aussi rapidement; elle n'est continue ou constante que dans le cas de lames obliques.

Or, cette forme angulaire des diagrammes ne se retrouve pas dans les courbes obtenues lorsqu'on prend les précautions nécessaires pour se mettre à l'abri des causes d'erreur, ainsi que nous le montrerons plus tard. D'ailleurs, il suffit de poinçonner avec des machines fonctionnant à la main pour s'assurer que l'effort maximum n'est pas instantané, mais au contraire d'une certaine durée.

Il semble donc qu'il a dû se produire dans ces expériences un effet de lancé sur les ressorts de l'indicateur, ce qui a déterminé ainsi un effet de compression instantanée, lequel a eu pour résultat de fausser le diagramme obtenu.

Du reste, cet important travail de M. Berrier-Fontaine a été effectué principalement dans le but de montrer l'économie réalisée en employant la pression hydraulique comme force motrice, de préférence aux transmissions mécaniques, et, tout en s'attachant à relever de nombreux diagrammes, l'auteur n'a jamais songé à faire une étude spéciale du poinçonnage et du cisaillement, ainsi que, du reste, il a tenu à le déclarer lui-même avec une réserve qui l'honore. C'est d'autant plus regrettable, d'ailleurs, que les recherches effectuées à ce point de vue par un Ingénieur aussi éminent, disposant à la fois de hautes connaissances théoriques et de nombreuses ressources pratiques, n'auraient pas manqué d'avancer grandement l'étude de la question.

Tout récemment, l'an dernier, M. Tolmer, Ingénieur chargé de la direction des ateliers de la Compagnie du chemin de fer de l'Est à Romilly, entreprit des expériences sur le poinçonnage des tôles de fer.

(1) Il se servit de la presse hydraulique employée ordinairement au calage et au décalage des roues sur les essieux. Cette machine peut donner des efforts de 0 à 220 *t*, mesurés par un manomètre métallique à aiguille.

Le poinçon était monté sur le piston plongeur et la matrice sur le bâti fixe de la machine.

La course du piston et par suite celle du poinçon étaient amplifiées à l'aide de deux poulies différentielles calées sur le même arbre; la plus petite de ces poulies était mue par l'outil et entraînait la plus grande; celle-ci portait un fil à l'extrémité duquel l'aiguille indicatrice pendait verticalement, parcourant un espace dix fois plus grand que n'était la course de l'outil. Quand l'outil avançait, cette aiguille descendait devant une réglette portant une bande de papier destinée à l'enregistrement.

Marche des expériences. — Un morceau de tôle étant placé contre la matrice, sous les griffes de dégagement, un opérateur embraie la pompe de compression, à petite ou à grande vitesse, et lit à haute voix les indications du manomètre de 5 en 5 *atm*, ainsi que le maximum de pression auquel on est arrivé. Un second expérimentateur, placé en face de l'aiguille indicatrice de la course amplifiée de l'outil, est chargé de l'enregistrement : à chaque énonciation de pression du manomètre par le premier opérateur, il marque un trait en regard de la position actuelle de l'aiguille, et il ajoute l'indication de la pression qui vient de lui être donnée.

« *Transcription des expériences.* — Les causes d'erreurs de semblables expériences sont assez nombreuses, ainsi que le remarque M. Tolmer lui-même.

« 1° Les erreurs personnelles provenant du temps qui s'écoule entre l'instant précis où une indication est perçue par le premier opérateur sur le manomètre et celui où le deuxième la note sur la bande de papier;

» 2° Les erreurs de lecture provenant soit de l'inexacte appréciation de l'aiguille, soit des mouvements saccadés qui se produisent pendant son déplacement sur le cadran;

(1) *Revue générale des chemins de fer*, septembre 1894, page 116.

» 3° Les erreurs de traçage provenant du déplacement par saccades du piston à chaque coup de pompe, déplacement qui influe naturellement sur les mouvements de l'indicateur. »

En effectuant une dizaine d'expériences, on groupe dans le voisinage l'une de l'autre certaines séries de points, puis, prenant la moyenne par une méthode analogue à celle qui est employée pour juger du résultat d'un tir à la cible, on obtient une nouvelle série de points ABCDE *(fig. 5)* que l'on joint aussi exactement que possible par une courbe continue, sauf au point maximum C où, généralement, on a eu à constater une chute brusque de pression.

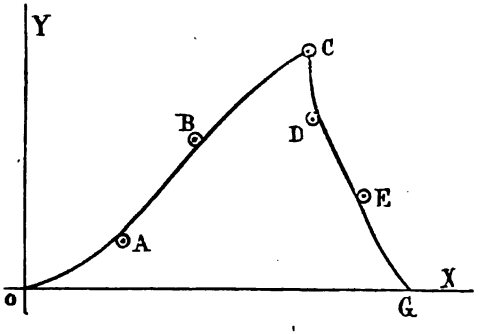


FIG. 5. — Type du diagramme de poinçonnage d'après M. Tolmer.

Une planche de diagrammes accompagne le texte.

Nous renouvellerons, au sujet de ces diagrammes, la même observation présentée déjà à propos de ceux qu'avait relevés M. Berrier-Fontaine, car ils reprennent tous cette forme angulaire qui nous paraît résulter seulement d'une imperfection dans le fonctionnement des appareils employés.

Le procédé de M. Tolmer témoigne certainement d'une grande intelligence pratique de l'auteur, mais nous ne pensons pas qu'il puisse donner la représentation fidèle du phénomène de poinçonnage ; les causes d'erreurs sont trop nombreuses et trop importantes pour permettre d'obtenir un diagramme rigoureusement exact d'où l'on puisse dégager les lois qui régissent les efforts en fonction de la course du poinçon.

On peut ajouter, du reste, que le procédé ne pourrait guère, non plus, s'appliquer en pratique comme méthode d'essai, même si les résultats obtenus étaient bien exacts, car les appareils hydrauliques sont peu répandus dans l'industrie, et sauf pour les grandes presses et les appareils de forgeage à grande puissance, il est probable que l'usage de ces machines-outils tendra plutôt à diminuer, en raison des nombreuses difficultés qu'il entraîne.

M. K. Keller, professeur à Carlsruhe, a effectué, de son côté,

une étude complète du poinçonnage, et un compte rendu de ses travaux a été publié dans une revue française (1).

« La pression maximum pour obtenir le poinçonnage est égale, d'après ses conclusions, au produit du coefficient de cisaillement de la matière par la surface obtenue, en multipliant le contour du poinçon par l'épaisseur de la tôle.

» Le travail nécessaire est ensuite exprimé par le produit de la pression et de l'épaisseur de la tôle

» Soient D le diamètre du poinçon ;

» *d*, l'épaisseur de la tôle exprimée en millimètres ;

» K, le coefficient de résistance au cisaillement exprimé en kilogrammes par millimètre carré ;

» T, le travail en kilogrammètres.

» On aura :

$$T = \frac{1}{1\,000}(D\pi d)Kd = \frac{K}{1\,000}D^3\pi\left(\frac{d}{D}\right)^2.$$

» Mais cette formule donne des valeurs de T trop grandes ; en effet, la pression maxima n'est pas employée pendant toute la durée du poinçonnage. Pour cette raison, divers expérimentateurs ont proposé des formules donnant un travail beaucoup moindre.

» Ainsi Karmarsch indique la moitié du travail calculé comme il vient d'être dit :

$$T = \frac{K}{2\,000}D^3\pi\left(\frac{d}{D}\right)^2.$$

» Hartig admet, pour le fer, la formule suivante :

$$T = (0{,}25 + 0{,}0145d)D\pi d,$$

qui peut être écrite de la façon suivante :

$$T = 0{,}0145D^3\pi\left[\left(\frac{d}{D}\right)^2 + 17{,}2\frac{d}{D^2}\right].$$

» Kick a proposé, pour le fer, la relation :

$$T = \frac{1}{1\,000}(D\pi d)20 \times \frac{2}{3}d = 0{,}0133D^3\pi\left(\frac{d}{D}\right)^2.$$

» Enfin, l'auteur du travail, M. Keller, a trouvé que :

» Pour $\frac{D}{d} < 1{,}54 : T = 0{,}04D^3\pi\left[\left(\frac{d}{D}\right)^2 - 0{,}21\right]$,

et pour $\frac{D}{d} > 1{,}54 : T = 0{,}02D^3\pi\left(\frac{d}{D}\right)^2$. »

(1) *Annales industrielles*, 12 février 1888, colonne 204.

On remarquera immédiatement que ces formules ne tiennent pas compte de la résistance propre du métal, ni du jeu dans la matrice, et cependant ce sont là deux facteurs qui peuvent faire varier le travail dans les proportions considérables, du simple au double et même au triple.

La formule de M. Keller présente, en outre, un écart singulier et très accentué, suivant que le rapport $\frac{D}{d}$ est plus petit ou plus grand que 1,54 ; ainsi, pour une tôle de 20 *mm* d'épaisseur, le travail absorbé est représenté par une valeur très différente, suivant que le diamètre du poinçon est de 30 ou 31 *mm*.

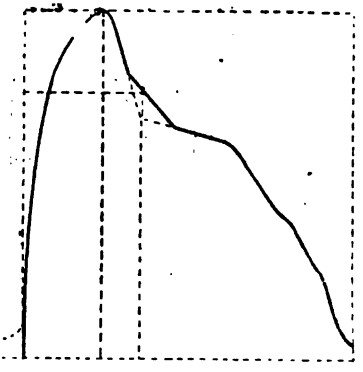


Fig. 6. — Type du diagramme de poinçonnage, d'après M. K. Keller.

Il est donc bien évident que ces formules empiriques présentent des lacunes qui obligent à les rejeter.

On observera, d'autre part, que tous les diagrammes obtenus présentent une forme rigoureusement constante, dont la figure 6 donne d'ailleurs le type général.

Or, cette constance de forme témoigne par là même de l'inexactitude des diagrammes, car ces essais étaient pratiqués sur des pièces de rebut, fers plats et tôles de chaudières présentant nécessairement des qualités différentes, qui devaient entraîner, par suite, des divergences correspondantes dans les diagrammes.

Recherches personnelles.

Sur les conseils de mon ami vénéré et regretté, M. le professeur Alfred Hallopeau, j'ai commencé, à la fin de juin 1891, des recherches expérimentales sur le rivetage, le poinçonnage et le cisaillement.

J'ignorais alors les travaux déjà publiés, et c'est grâce à la récente publication des *Notes bibliographiques* de M. Cordier, l'érudit bibliothécaire de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, que j'ai pu avoir connaissance des renseignements bibliographiques dans les journaux.

Ma première idée, en entreprenant ces recherches, fut d'em-

ployer un dynamomètre de rotation pour enregistrer le travail absorbé par la machine-outil.

Ces dynamomètres n'existent pas dans l'industrie, je me mis à étudier et à construire un dynamomètre de rotation de mon système *(fig. 7)*.

Convaincu que cet instrument de précision peut rendre des

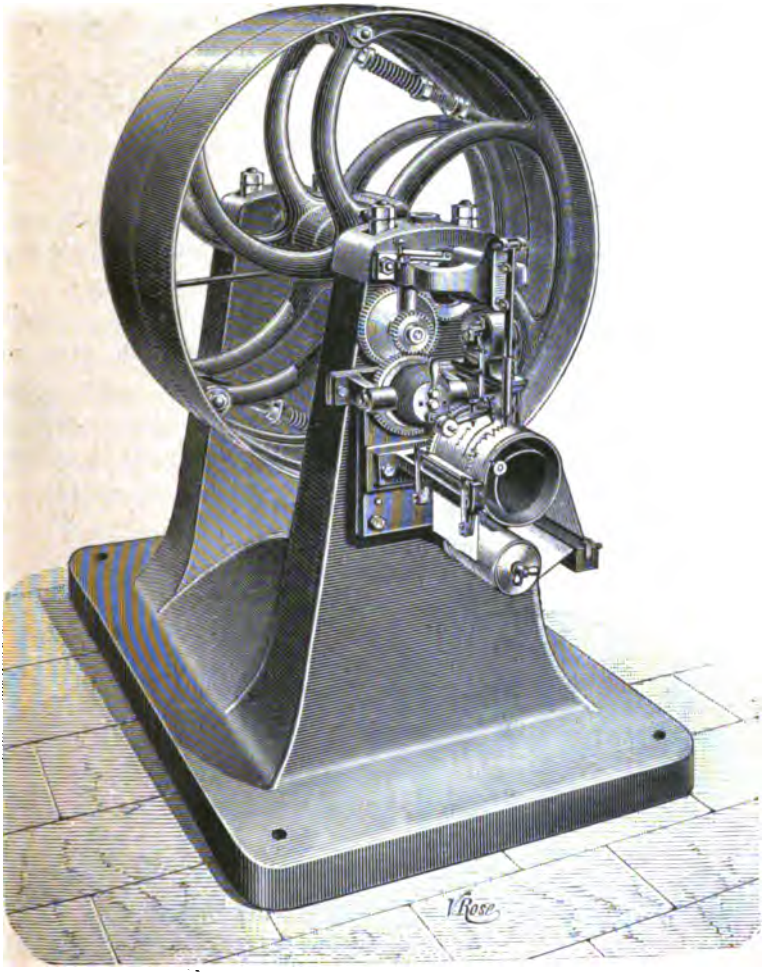


FIG. 7. — Dynamomètre de rotation.

services à beaucoup de nos Collègues pour l'essai de machines-outils, d'installations, etc., j'en donne une note détaillée à la fin du présent mémoire.

Mes premières expériences de cisaillement, faites en octobre

1893, m'indiquèrent de suite que mon procédé d'investigation n'était pas suffisant. J'obtenais bien exactement la quantité du travail absorbé par la machine fonctionnant à blanc et le travail dépensé dans le cisaillement, mais la différence entre les deux

FIG. 8. — Fragment d'un diagramme d'essais de poinçonnage obtenu par le dynamomètre de rotation.

résultats n'était pas la même pour un morceau de fer à section rectangulaire, suivant que je mettais le plus grand côté ou le plus petit côté du métal en prise avec les lames de cisaille.

Je changeai les lames obliques de la cisaille et les remplaçai par des lames à tranchants parallèles, sans obtenir encore des

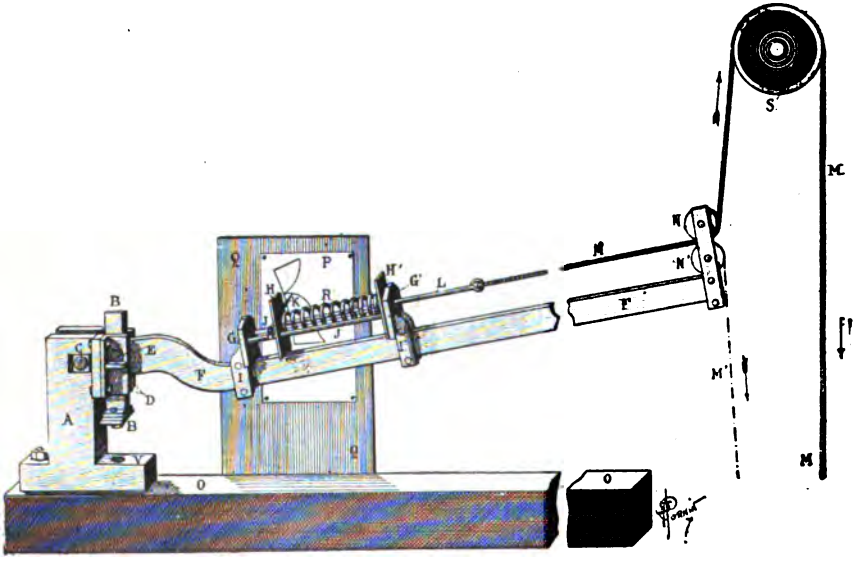


FIG. 9. — Dynamomètre de compression

résultats bien satisfaisants, et il en fut ainsi pour le poinçonnage.

Je donne un spécimen des diagrammes obtenus *(fig. 8)*.

Je renonçai donc à l'emploi du dynamomètre de rotation pour ces recherches, n'utilisant plus ce précieux instrument que pour l'étude d'autres machines-outils.

Je construisis alors un dynamomètre de compression *(fig. 9)*.

Cet instrument se compose d'un grand levier en fer F ayant environ 5 *m* de longueur, articulé en C sur le bâti en fonte A. Il actionne, à l'aide d'un axe E placé exactement à 10 *cm* de l'axe C, un porte-outil B qui est guidé verticalement par des glissières D. Ce porte-outil présente une plate-forme à la partie inférieure, pour permettre le montage des outils : lames de cisailles, bouterolles de rivetage ou poinçons ; les contre-outils se fixent sur la table rabotée V du bâti en fonte A. Ce bâti A est monté sur un banc en charpente O. Le grand bras de levier, compris de l'axe E aux poulies N et N', est cinquante fois plus long que le petit bras CE, l'effort de compression, produit en B, atteint donc cinquante fois l'effort réel produit par deux manœuvres qui appuient sur le levier suivant la direction de la flèche M' ; à la pression ainsi produite, il convient d'ajouter le poids du levier qui, on le verra plus loin, produit à lui seul en B une pression de 3 575 *kg*.

Le fonctionnement a donc lieu de la façon suivante : le levier est maintenu par une corde M passant sous le galet N et sur une poulie S fixée au plafond.

Les deux hommes tirent sur le brin M, qui redescend de la poulie pour soulever le levier et permettre le passage en BV de la pièce à comprimer. Cette manœuvre terminée, les deux ouvriers lâchent doucement la corde M, de façon à laisser descendre le levier F qui produit la compression sur la pièce à essayer, et cela par son propre poids ; à un moment le levier appuie de tout son poids, et la corde M ne le soutient plus ; pour continuer la compression, les ouvriers font tomber la corde de dessus la poulie S qui vient alors poser sur le galet N' et agissent à nouveau, mais cette fois en appuyant sur la corde dans la direction de la flèche M' et comme il a été dit ; la pression qu'ils produisent est multipliée par cinquante (rapport des deux bras du levier), et la compression totale est alors égale à celle que produisent les deux ouvriers, plus la pression que produit le poids du levier.

J'ai pu ainsi obtenir une pression de plus de 10 *t*.

Mais le but du dynamomètre n'est pas seulement de comprimer, il est aussi de mesurer cette compression et de l'enregistrer. Il a donc fallu le munir d'un appareil de mesure et d'un système d'enregistrement.

L'appareil de mesure consiste en un ressort de qualité, pouvant dépasser la pression maximum produite par les ouvriers, sans atteindre sa limite d'élasticité. Ce ressort R est pris entre deux

plateaux percés de deux trous, dans lesquels passent deux tiges cylindriques J et J′ servant de glissières; le plateau H′ est en contact avec la bride GI′ fixée à demeure sur le levier F; l'autre bride GI maintient les deux extrémités des glissières JJ′, le plateau H, libre de glisser, repose sur l'extrémité du ressort R; il porte, solidement boulonnée, une tige L qui passe à travers la bride G′ et vient se terminer en anneau pour recevoir la corde M.

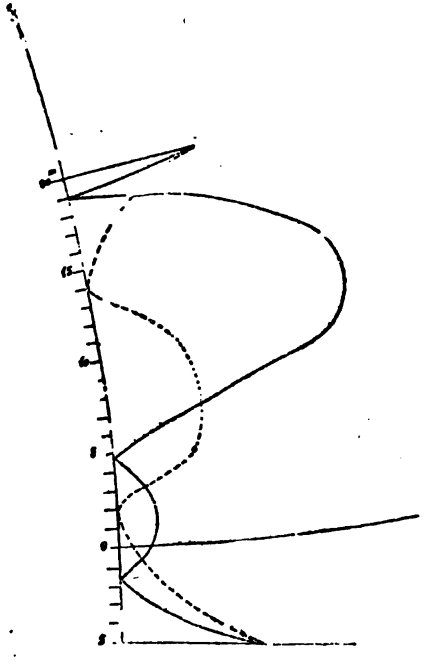


Fig. 10 — Diagrammes enregistrés par le dynamomètre donnant en coordonnées polaires les pressions nécessaires pour poinçonner du fer chaud de 20 *mm* d'épaisseur avec un poinçon *dégagé* de 20 *mm* de diamètre.
1° Le fer étant chauffé à blanc (trait pointillé).
2° Le fer étant chauffé rouge cerise (trait plein).

Quand la corde M est tirée, elle agit sur la tige L qui fait appuyer le plateau H sur le ressort antagoniste R. Ce ressort fléchit proportionnellement à l'effort de traction transmis sur la corde M, il peut donc donner la mesure de cette traction.

L'appareil d'enregistrement est des plus simples : il consiste en un crayon qui glisse à frottement doux dans un tube solidaire du plateau H, et en une planchette Q fixée sur le banc O. Une feuille de papier P est fixée sur cette planche. Un léger ressort, placé dans le petit tube, pousse le crayon en contact avec le papier.

Si l'on soulève le levier F, indépendamment de toute traction sur la corde, le ressort, ne subissant pas de pression, ne se comprimera pas et le crayon décrira un arc de cercle ayant le point C pour centre.

Si, après avoir soulevé à la main le levier, on le suspend en l'air par la corde M, passant sur la poulie S, on produit, par la seule action du poids du levier, une tension sur la corde et sur le ressort; celui-ci se comprime, et le crayon tracera une ligne située en prolongement d'un rayon de l'arc de cercle tracé; cette ligne

indiquera la flèche prise par le ressort, et donnera exactement la mesure du poids du levier.

Si une résistance est créée sous le porte-outil B et que les ouvriers cèdent doucement, le levier pèsera sur la matière à essayer, et le ressort se détendra pour revenir à sa position initiale qu'il atteindra quand le levier ne sera plus soutenu que par la pièce comprimée ; à ce moment, le crayon se retrouvera sur l'arc de cercle qu'il avait primitivement décrit ; mais comme le levier se sera abaissé par suite de l'affaissement de la pièce comprimée, la courbe tracée indiquera le travail produit. Le poids du levier ne suffisant pas pour obtenir le résultat voulu, les deux ouvriers tireront alors sur le brin M′ et comprimeront le ressort, le crayon tracera donc une courbe qui s'éloignera de plus en plus cette fois de l'arc de cercle primitif. La courbe définitive aura, par suite, deux inflexions, et elle indiquera en coordonnées polaires le diagramme du travail. On pourra, pour la comparaison et la facilité de calculs des diagrammes, transformer celles-ci en coordonnées rectangulaires, les ordonnées indiqueront l'espace parcouru amplifié dans la proportion voulue et les abscisses donneront les efforts. Les figures 10 et 11 donnent le spécimen des diagrammes obtenus dans des essais de poinçonnage à chaud.

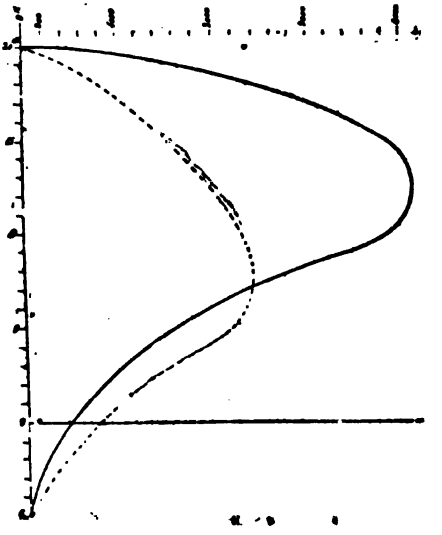


Fig. 11. — Diagrammes des pressions nécessaires pour poinçonner du fer chaud de 20 *mm* d'épaisseur avec un poinçon *dégagé* de 20 *mm* de diamètre.
1° Le fer étant chauffé à blanc (trait pointillé).
2° Le fer étant chauffé rouge cerise (trait plein).

Ce dynamomètre de compression m'a permis d'effectuer des expériences ne nécessitant pas une pression de plus de 10 à 12 *t*; mais c'est insuffisant pour étudier le poinçonnage pratique du fer et de l'acier.

J'imaginai alors de profiter de l'élasticité du bâti (1) de la ma-

(1) Communication à l'Académie des Sciences faite le 10 décembre 1894.

chine qui poinçonne et cisaille pour enregistrer en ordonnées les efforts sur l'outil et en abscisses la course amplifiée de ce même outil.

L'appareil de mesure, l'élasticimètre, se compose de deux branches *(fig. 12)*, l'une droite C et l'autre B courbée à une extrémité pour venir s'articuler en N sur la première, comme un compas, dont la tête serait déportée; un ressort antagoniste D tend à écarter ces deux branches, qui sont en contact avec le bâti; la branche C étant fixe, c'est la branche B qui s'écarte et entraîne le crayon F par l'intermédiaire de la tige H.

Le crayon trace verticalement une ordonnée proportionnelle à l'effort développé par la machine. Mais la planchette G de l'enregistreur est entraînée horizontalement par un fil, qui, passant sur

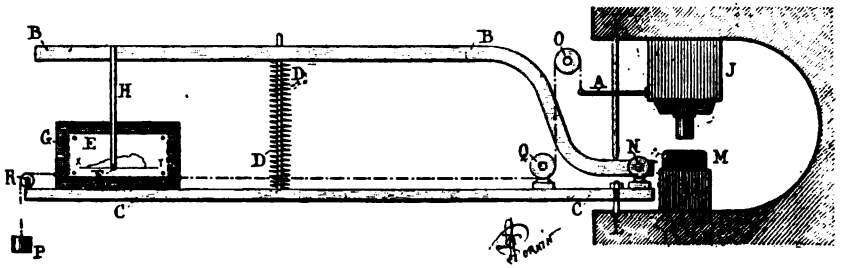


FIG. 12. — Elasticimètre enregistrant le travail dans le poinçonnage et le cisaillement.

les poulies Q et O, est attaché à une touche A, suivant le mouvement du porte-outil J.

La poulie Q est différentielle pour amplifier la course.

Les abscisses tracées sur le papier par le crayon F sont donc proportionnelles à la course de l'outil, et la courbe enregistrée représente très exactement le travail nécessaire pour l'opération exécutée, sans intermédiaire hydraulique ou autre faussant le résultat.

La figure 13 donne le spécimen de cinq courbes obtenues dans diverses expériences.

La ligne des abscisses représente la course de l'outil; cette course est de 35 *mm*. Le diagramme se lit de droite à gauche.

DIAGRAMME N° 36 : *Poinçonnage d'un morceau de fer de 25 mm d'épaisseur; diamètre du poinçon 30 mm.* — Le poinçon parcourt un espace de 10 *mm* avant de rencontrer le métal, puis il pénètre en éprouvant une résistance, le bâti fléchit proportionnellement à

cette résistance et le crayon enregistre cette flexion comme il vient d'être indiqué.

DIAGRAMME N° 9 : *Cisaillement d'un fer plat 80 × 30 par des lames parallèles.* — La lame parcourt 5 *mm* avant d'attaquer le métal; et le cisaillement est opéré après une course de l'outil de 10 *mm*, représentant le tiers de l'épaisseur du métal.

DIAGRAMME N° 30 : *Cisaillement d'une cornière acier 100 × 100 × 16 par des lames profilées.* — La durée du cisaillement paraît plus

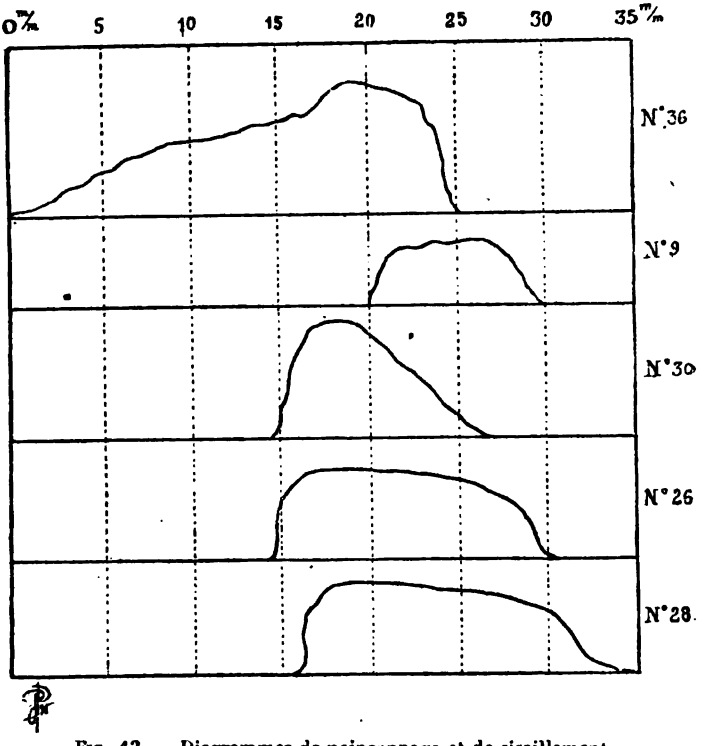


FIG. 13. — Diagrammes de poinçonnage et de cisaillement.

longue, c'est parce que les lames n'ont pas exactement le profil de la barre de métal, le cisaillement s'opère comme pour la tôle attaquée par une lame oblique.

DIAGRAMME N° 26 : *Cisaillement d'un fer carré de 55 mm par des lames profilées.*

DIAGRAMME N° 28 : *Cisaillement d'un fer rond de 60 mm par des lames profilées.*

Il est à remarquer que la répétition d'une même opération soit de poinçonnage, soit de cisaillement, donne une nouvelle courbe absolument identique à la première, et que le moindre changement de qualité de métal entraîne des changements appréciables dans le diagramme. Nous avons donc le droit de considérer les indications ainsi obtenues comme caractéristiques de la qualité du métal. Après chaque opération, le crayon revient exactement à la même place, et si la machine continue à fonctionner à blanc, la ligne des abscisses qui indique la course amplifiée de l'outil se trace et se superpose exactement à chaque descente de l'outil.

L'élasticité du bâti est exactement proportionnelle à l'effort qu'il supporte; pour vérifier cette proportionnalité, il suffit de cisailler avec des lames parallèles, d'abord un morceau de fer d'une section quelconque, puis et à la fois les deux morceaux provenant de la coupe précédente, en ayant soin de les placer *l'un à côté de l'autre* non superposés. On constate alors que la seconde ordonnée obtenue est exactement le double de la première. Ainsi cet essai effectué avec un morceau de fer de 50×25 a donné une ordonnée maximum de 23 *mm*, et l'essai pratiqué avec deux morceaux de 50×25 (ce qui a fait une section de 100×25) a donné une ordonnée maximum de 46 *mm*.

On peut donc affirmer que les diagrammes obtenus sur les poinçonneuses-cisailles par l'élasticimètre ont leurs ordonnées proportionnelles à l'effort subi par le bâti.

Il suffit ensuite d'en faire le tarage pour en déterminer la valeur exacte. Pour exécuter ce tarage, on opérera le poinçonnage ou le cisaillement suivant le cas, en employant une machine à essayer disposée à cet effet, mais qui indiquera l'effort maximum développé.

On reprendra sur la première machine employée la même opération avec les mêmes outils et le même métal, et l'ordonnée tracée sur le diagramme ainsi obtenu aura pour valeur le nombre de kilogrammes précédemment trouvé.

L'usage pratique du premier élasticimètre construit sur ce type m'a révélé quelques légères défectuosités de construction :

1° Le diagramme est tracé de droite à gauche contrairement à l'habitude;

2° L'amplification de l'écartement du bâti est constante, etc.

J'ai été amené ainsi à apporter quelques modifications dans la disposition des organes :

1° Le bras de levier enregistreur est monté sur couteaux; il agit par son propre poids;

2° L'amplification peut être doublée pour des essais plus délicats ou pour de plus faibles efforts à enregistrer;

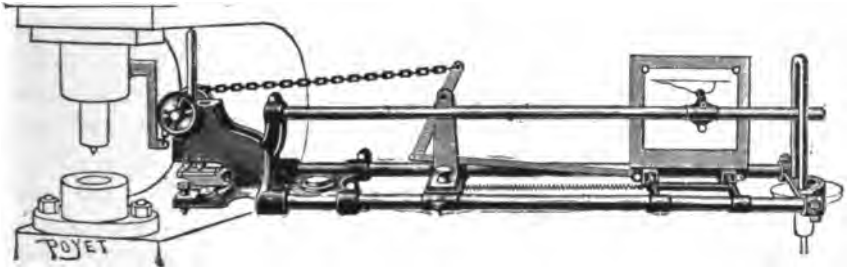


FIG. 14. — Elasticimètre perfectionné.

3° Le diagramme peut être tracé de gauche à droite à l'aide de quelques artifices dans la disposition des organes, etc.

La figure 14 représente cet élasticimètre perfectionné qui m'a servi dans toutes les expériences ultérieures.

DEUXIÈME PARTIE

Étude des déformations subies par le métal pendant le cours du poinçonnage et du cisaillement.

Recherches de MM. Tresca, K. Keller. Recherches personnelles.

Pour pouvoir constater les déformations intérieures produites par le poinçonnage, M. Tresca a d'abord étudié les effets du poinçon sur des plaques de plomb superposées (1).

Il nous montre d'abord *(fig. 15)* un poinçonnage de sept plaques de plomb laminé du commerce, et nous fait remarquer que « le trou du poinçonnage est tapissé par le tube formé aux dépens de la première plaque et que toutes les autres plaques forment également des appendices tubulaires qui aboutissent comme ce premier tube à l'orifice de sortie ».

Il indique sur la figure une courbe marquant sur chacune des sept plaques le point où commence la dénivellation déterminée

(1) **Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences, volume XX pages 617 à 838.** — ***Écoulement des corps solides.*** — **Mémoire sur le poinçonnage des métaux, par M. Tresca, 31 mars 1869.**

par la présence de ces appendices; mais il n'en donne pas la moindre explication et n'y attache d'ailleurs aucune importance, car il n'en reparle nulle part dans son mémoire.

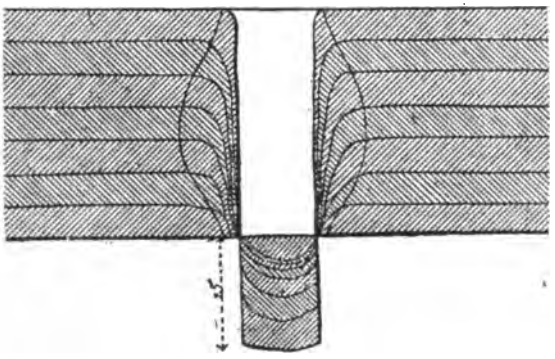


Fig. 15. — Poinçonnage de sept plaques de plomb superposées, d'après M. H. Tresca.

Toutes les expériences effectuées par lui sur le poinçonnage du plomb lui donnent la même configuration des phénomènes successifs.

La figure 16 est la reproduction photographique du type général. Cette figure est maintes fois reproduite sans autre modification que celle des dimensions du bloc ou du diamètre du trou.

Continuant la même étude des déformations déterminées par le poinçonnage (page 679), l'auteur examine le résultat produit sur des couches superposées qui constituent le fer misé (le fer ordinaire).

M. Tresca constate que « les lignes de joints sont toutes arrondies et que dans la plaque de fer aussi bien que dans la débouchure, elles présentent, à quelques déchirures près, les inclinaisons observées sur les spécimens obtenus avec le plomb ».

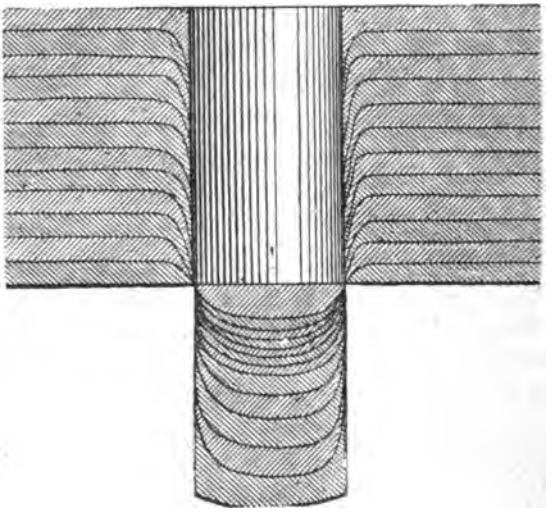


Fig. 16. — Poinçonnage du plomb. Type général, d'après M. H. Tresca.

Il insiste sur cette similitude et répète :

« Dans tous les échantillons, on observe la même courbure

dans les lignes des mises, qui ne sont discontinues que sur les points où des cassures se montrent, au pourtour de la débouchure,

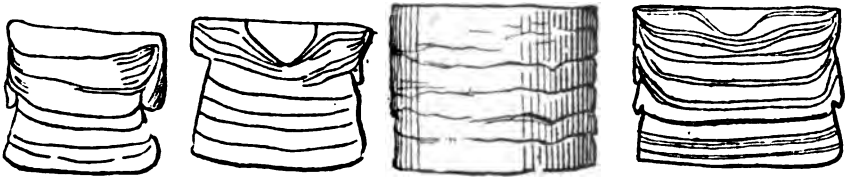


FIG. 17. FIG. 18. FIG. 19. FIG. 20.

FIG. 17 à 20. — Aspects et coupes de débouchures, d'après M. H. Tresca.

sous forme d'une saillie circulaire ou sorte de collerette, sur une partie plus ou moins grande de la paroi latérale. Dans tous les

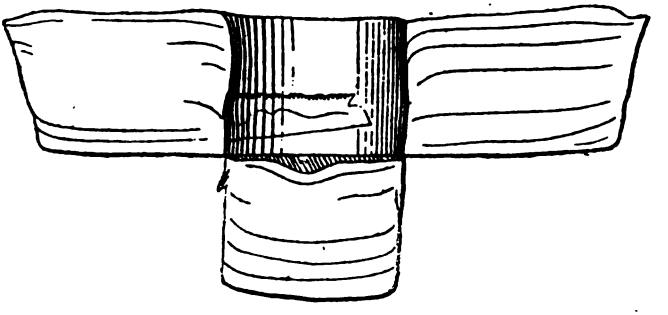


FIG. 21. — Coupe d'un morceau de fer poinçonné, d'après M. H. Tresca.

échantillons, ces collerettes portent les traces des capsules successives qui se sont rompues à diverses hauteurs, et dont la superposition est très apparente. »

Après avoir raboté ces débouchures par le milieu et oxydé la coupe, il constate que « vers l'axe des débouchures qui ne sont pas pointées au centre, les mises sont parallèles à la face supérieure, qu'elles se contournent vers les parois et que l'effet est surtout marqué près des cassures des collerettes ».

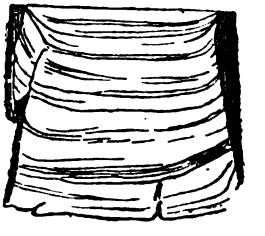


FIG. 22. — Coupe d'une débouchure en fer, damasquinée pour montrer les déformations, d'après M. H. Tresca.

Les figures 17, 18, 19, 20, 21 et 22 sont la reproduction photographique des dessins de ces débouchures.

M. Tresca conclut de ses expériences que les couches superposées ou mises du fer présentent, après poinçonnage, la même configuration que les spécimens obtenus avec le plomb.

Il insiste seulement sur le parallélisme des mises dans les débouchures et l'inclinaison qu'elles prennent sur les bords en se contournant vers le haut.

Il ne constate pas, sur le fer, la courbe des points de dénivellation qu'il avait signalée dans le plomb *(fig. 15)*.

Il n'explique pas la cause de la formation de la collerette et considère comme un accident sans importance les déchirures des collerettes.

Il résulte de ces conclusions que le poinçonnage d'un morceau de fer se fait par les déplacements successifs des mises superposées, comme l'indique le schéma *(fig. 23)* qui est la copie du schéma *(fig. 16)*.

Chacune de ces mises passe, pendant le poinçonnage, par les

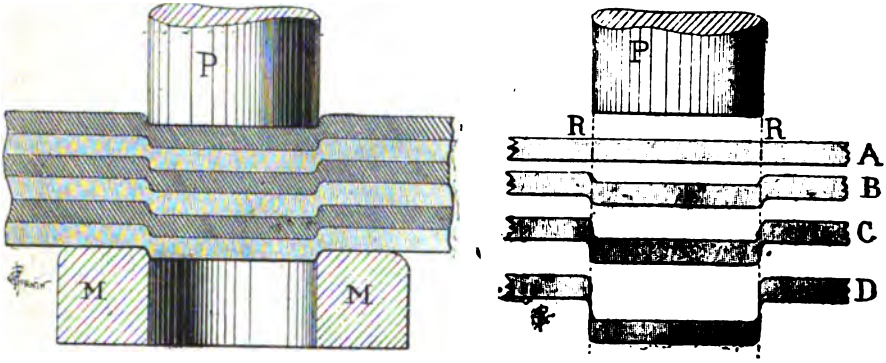


FIG. 23 et 24. — Schéma du poinçonnage d'un morceau de fer, d'après la théorie de M. H. Tresca.

phases A, B, C, D, cette dernière montrant la rupture *(fig. 24)*. Le phénomène de rupture, d'après cette théorie, serait le fait d'un *glissement* de la matière.

C'est la théorie actuellement admise pour le cisaillement, le poinçonnage et la perforation.

M. le professeur K. Keller de Carlsruhe dit (1) de son côté, « que pendant la période de pénétration du poinçon jusqu'au moment où la pression atteint son maximum, on ne constate ni cisaillement, ni déchirure de la matière, mais uniquement une désagrégation ». Je suppose que par désagrégation il entend déformation, car s'il y avait autre chose qu'une déformation, il y aurait cisaillement ou déchirure.

» La phase suivante est caractérisée par la désagrégation pro-

(1) *Annales industrielles*, 12 février 1888, colonne 208.

gressive de la matière, pendant laquelle la pression du poinçon diminue rapidement.

» La dernière phase qui succède à la précédente est caractérisée par la séparation du noyau de la masse environnante, ce qui constitue le cisaillement. »

Recherches personnelles.

Si l'on considère les figures 23 et 24 donnant le schéma du poinçonnage d'un morceau de fer d'après la théorie de M. H. Tresca, on conclura nécessairement, en partant de cette théorie, que les déchirures des mises doivent toujours se trouver tournées vers le haut, comme en D *(fig. 24)*; mais l'observation immédiate montre, au contraire, que cette conclusion serait tout à fait erronée, car les débouchures présentent toutes, au contraire,

FIG. 25. — Photographie d'une débouchure en fer.

FIG. 26. — Photographie d'un morceau de fer montrant les premières déformations au début du poinçonnage.

dans la partie médiane une collerette formant ligne de déchirure, laquelle est dirigée vers le bas; la photographie *(fig. 25)* en donne un exemple caractéristique (1) qu'on peut considérer comme le type général, et on le retrouve du reste aussi parmi les figures publiées par M. Tresca *(fig. 17 à 22)*.

Il y a donc là une divergence entre cette théorie et les faits de la pratique, et je me suis attaché à en déterminer la cause en effectuant l'expérience suivante :

Dans l'axe d'un morceau de fer misé de 100 *mm* de largeur sur 20 *mm* d'épaisseur, j'ai donné sept coups successifs avec le même poinçon, mais de telle sorte que le premier coup de poinçon n'entamât que peu le métal, et les suivants chacun un peu plus

(1) Communication à l'Académie des Sciences du 10 décembre 1894.

que le précédent, jusqu'au septième où la perforation fut complète. Puis, coupant la barre longitudinalement par le milieu de ces trous, j'ai poli et damasquiné la surface tranchée pour faire apparaître la disposition des mises *(fig. 27)*.

J'ai pu constater tout d'abord que le phénomène du poinçonnage est un travail *de traction* et non pas de glissement.

Chaque couche comprimée sous le poinçon ne se sépare pas immédiatement de la couche dont elle provient, elle ne glisse pas, mais reste rattachée par un ligament qui va s'allongeant sous l'effort du poinçonnage. J'ai appelé ce ligament *éprouvette*, par

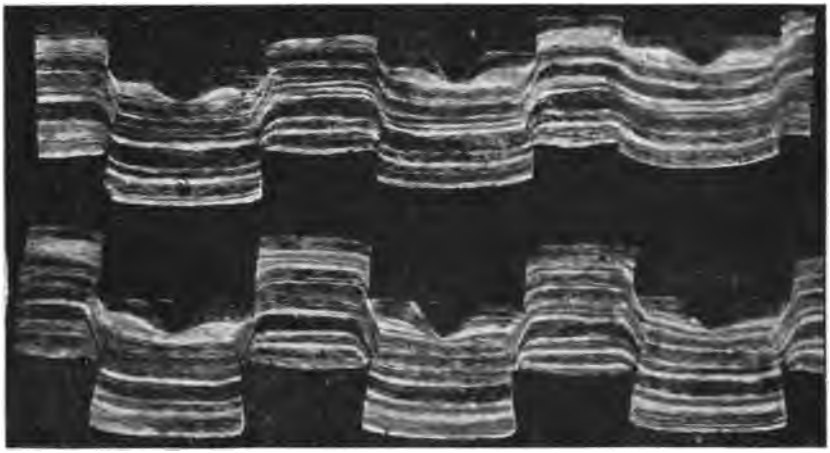


FIG. 27. — Photographie d'un morceau de fer montrant les déformations successives dans le cours du poinçonnage.

analogie avec les pièces préparées pour subir les essais, notamment ceux de traction.

Ces éprouvettes ont des *longueurs différentes*, suivant les couches auxquelles elles appartiennent, et elles atteignent leur longueur maximum au milieu de l'épaisseur.

Cette augmentation doit être attribuée à ce fait que les couches intéressées dans l'effort du poinçonnage se contournent *concentriquement* avec des rayons graduellement croissants depuis les bords jusqu'au milieu de l'épaisseur, et non pas parallèlement avec des rayons égaux dans toute l'étendue de l'épaisseur comme le suppose la théorie de M. Tresca.

La figure 26 montre cette déformation sur un morceau de fer photographié au début du poinçonnage.

La figure 28 est le schéma de ce phénomène : les losanges ABCDEF et GHIJKL, constitués en suivant les points extrêmes affectés par les déformations dues au poinçonnage, limitent par là même en chaque point les diverses longueurs des éprouvettes correspondantes.

Partant de là, nous considérons que le poinçonnage d'un métal va consister à opérer l'allongement de ces éprouvettes jusqu'à en provoquer la rupture.

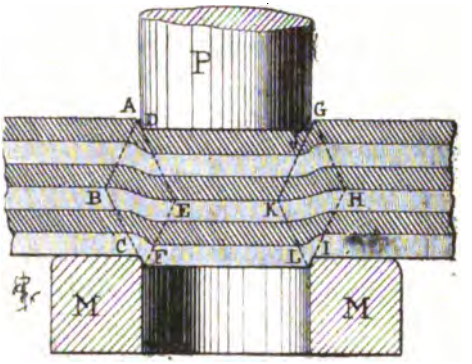


Fig. 28. — Schéma du phénomène du poinçonnage d'un morceau de fer.

Dans la pratique, les poinçons sont généralement munis, sur la surface en contact avec le métal, d'un petit cône, d'un *têton*, qui a pour but de guider le poinçon et permet ainsi de l'amener à l'endroit exact où le trou est demandé.

L'emplacement du centre de ce trou a été déterminé par l'ouvrier *traceur*, qui, à l'aide d'un pointeau à main et du marteau a produit une empreinte conique légère, mais suffisante pour loger le sommet du têton. Comme ce dernier déborde sur l'empreinte, il doit déprimer plus profondément le métal pour s'y loger complètement, il rencontra alors une résistance à l'enfoncement d'autant plus marquée que le métal est moins ductile, ou plus *dur*.

En évaluant l'effort nécessaire pour vaincre cette résistance, on *pourra mesurer à ce point de vue la dureté* du métal poinçonné.

Le diagramme du poinçonnage permet d'obtenir rigoureusement cette mesure et si les poinçons sont uniformément calibrés, on pourra, sur divers métaux, comparer les efforts de *pénétration superficielle* du pointeau et en tirer ainsi une méthode d'essai analogue à celle de M. le colonel Martel, laquelle consiste, comme on sait, à évaluer la pénétration superficielle par choc d'un couteau de forme pyramidale.

Après que le têton a marqué son empreinte, l'effort développé s'exerce sur la surface entière du poinçon qui vient presser le métal, et il doit évidemment s'augmenter tout d'abord d'une façon très sensible pour vaincre une résistance qui intéresse une zone agrandie.

Cette première période du poinçonnage doit être considérée

comme *élastique*, car si la pression cesse son action on ne constate encore aucune déformation permanente. Dès que le métal est comprimé plus fortement entre le poinçon et la contre-matrice, une légère empreinte des deux outils apparaît sur le métal, la première déformation se distingue nettement.

Du côté du poinçon, le métal a été entraîné et il s'est formé tout autour une zone de dépression A *(fig. 29)*, et, du côté de la matrice, la proue de la débouchure apparaît, le contour est déprimé en B comme en A.

Plus le métal possède de ductilité, plus ces dépressions sont sensibles, elles mesurent donc, en quelque sorte, cette propriété.

Les deux éprouvettes en contact, l'une avec l'arête du poinçon, l'autre avec l'arête de la matrice, sont de toutes les plus courtes,

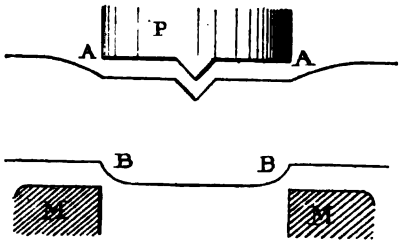


Fig. 29. — Schéma des premières déformations extérieures dans le poinçonnage.

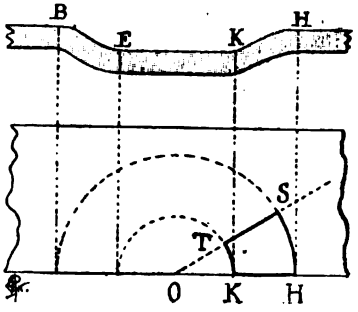


Fig. 30. — Schéma indiquant l'emplacement de la striction d'une éprouvette.

leur allongement sera donc moindre que celui des suivantes, elles se rompront les premières.

Voyons comment se feront les ruptures des éprouvettes.

Chacune est *conique*, présentant une section variable, et elle ne peut pas offrir, par suite, la même résistance totale sur toute sa longueur; si l'on considère, en effet, une partie de cette éprouvette, en KH par exemple *(fig. 30)*, on constate, qu'à épaisseur égale la section TK est plus faible que la section SH.

La striction et la rupture se produisent toujours dans la partie la plus faible de l'éprouvette, il en résulte que c'est en DEFJKL que se déclarera la rupture; la débouchure prendra ainsi la forme d'un double tronc de cône ayant sa petite base commune au milieu de l'épaisseur.

Mais l'effet de la compression du poinçon sur la débouchure interviendra sur les premières mises et renforcera la partie faible

des éprouvettes du haut en leur donnant un excès de résistance par frottement; celles-ci seront donc rompues suivant la génératrice du poinçon, c'est-à-dire suivant un cylindre pendant que les éprouvettes situées du côté de la matrice se sépareront, au contraire, suivant le tracé théorique, de forme conique.

Les déchirures ainsi commencées continuent à se propager à mesure que le poinçon pénètre plus profondément dans le métal. Du côté de la matrice, la ligne inclinée qui constitue la génératrice du cône de séparation s'allonge jusqu'au milieu de l'épaisseur donnant ainsi au bas de la débouchure cette forme étranglée qui la caractérise.

Cette forme ne se retrouve pas, au contraire, aussi prononcée dans le haut de la débouchure, du côté du poinçon, car cet outil intervient alors en développant une pression et un frottement qui exaltent la résistance des éprouvettes élémentaires dans les points de faible section où la déchirure se produirait autrement, comme c'est le cas dans la partie inférieure.

La rupture se trouve ainsi reportée vers la limite de cette zone d'action directe de frottement du poinçon, et l'outil opère, en réalité, une sorte de cisaillement qui tranche la paroi du trou, suivant une ligne faiblement inclinée vers l'intérieur et tendant à se rapprocher de la verticale. Cet effet se continue tant que le poinçon rencontre dans sa marche un ligament encore adhérent à la paroi extérieure, et il s'arrête évidemment lorsque la ligne verticale de cette paroi se trouve interrompue par la fente inclinée déjà produite sur la partie inférieure ainsi qu'il a été indiqué.

Comme cette fente s'est prolongée jusqu'au milieu en s'inclinant continuellement à l'intérieur de la débouchure, il en résulte qu'elle s'est élevée au-dessus du point où elle est rencontrée par cette ligne verticale, et que, par suite, elle a déjà détaché de la débouchure l'extrémité intérieure des ligaments du milieu, en raison de l'inclinaison qu'ils prennent en s'allongeant. Ces ligaments qui devraient rester adhérents à la paroi extérieure, si la forme théorique était conservée, se trouvent, au contraire, détachés de celle-ci suivant une ligne verticale par l'action du poinçon, et ils viennent retomber autour du milieu étranglé de la débouchure en lui formant ainsi une collerette de bavures qui complète son aspect caractéristique.

On voit dès lors l'explication de cette forme constamment dirigée vers le bas qu'on retrouve dans toutes les débouchures et qui nous a servi de point de départ pour montrer l'inexactitude

de la théorie d'après laquelle le poinçonnage opérerait une simple action de cisaillement avec déplacement parallèle de couches superposées.

Il faut observer, du reste, que cette dernière conclusion pouvait se justifier dans le cas des expériences de M. Tresca, car celles-ci ont été effectuées en opérant presque toujours sur des feuilles minces en plomb que l'auteur superposait en nombre plus ou moins grand pour figurer une barre d'une certaine hauteur de section.

Les feuilles ainsi disposées ne présentaient pour ainsi dire aucune adhérence entre elles, elles résistaient chacune individuellement, fuyant, en quelque sorte, sous l'action du poinçon, d'une quantité déterminée qui était à peu près la même pour toutes, et l'on obtenait ainsi nécessairement dans toute la hauteur de la barre fictive ces déformations parallèles qu'a signalées M. Tresca.

Il apparaît immédiatement que le cas ne peut pas être le même lorsqu'on se trouve en présence d'une barre unique ayant pour hauteur de section l'épaisseur totale de ces tôles superposées. Les couches du métal sont rattachées entre elles par une force d'adhérence toute spéciale qui en fait un tout bien solidaire, dont aucun élément superficiel ne peut fléchir sans entraîner dans les autres des déformations correspondantes et variables sur toute l'étendue de l'épaisseur. C'est ainsi que nous pouvons concevoir que la pression exercée par le poinçon entraîne à l'intérieur des efforts d'allongement qui vont en croissant jusqu'au milieu de l'épaisseur, mais qui s'atténuent ensuite graduellement et viennent s'annuler au bord inférieur.

Pour en revenir à ce qui concerne l'étude du phénomène de poinçonnage, ajoutons que le passage du poinçon développe forcément une pression latérale, nécessaire d'ailleurs pour assurer le passage de la débouchure à travers l'étranglement du milieu, et cette action a pour effet d'effectuer, sur la partie inférieure de la paroi, une sorte de brochage.

Le métal se trouve fortement dilaté à la partie inférieure et la débouchure porte en zones brillantes les traces de ce frottement exagéré.

Pour le cisaillement, le phénomène est analogue à celui du poinçonnage.

Pour le vérifier, j'ai, dans un morceau de fer carré *(fig. 31)*,

donné une série de six coups de rabot produisant des cannelures d'une faible profondeur et d'une largeur *constante*, aux bords bien parallèles. Puis, par le milieu, ou à peu près, de ces cannelures, j'ai cisaillé le métal en l'entamant d'abord un peu, puis un peu plus, et ainsi de suite jusqu'à rupture.

J'ai constaté que les bords des cannelures se sont déformés en s'écartant.

J'ai ensuite raboté complètement la surface du métal, pour

Fig. 31.

Fig. 32.

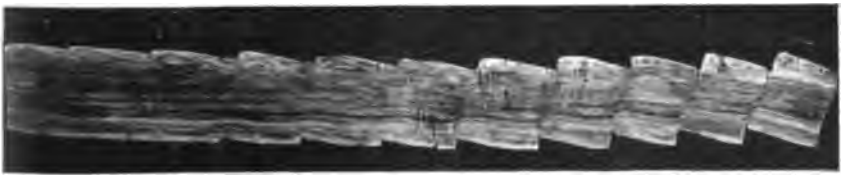


Fig. 33.

Fig. 31, 32 et 33. — Photographies de morceaux de fer montrant les déformations successives dans le cours du cisaillement.

faire disparaître les cannelures, et, après avoir poli et damasquiné cette surface *(fig. 32)*, j'ai constaté que les mises avaient subi une *traction* absolument analogue à celle que j'avais constatée dans le poinçonnage, là encore, on retrouve la formation des éprouvettes précédemment étudiées.

J'ai repris la même expérience sur un autre morceau de fer

(fig. 33) mais en donnant cette fois dix coups de cisaille avant d'arriver à la rupture.

Les éprouvettes se contournent encore *concentriquement*, ce qui fait qu'elles sont *plus longues au milieu* du fer que sur les bords.

Mais le bout qui va se détacher dans le cisaillement n'est plus maintenu comme dans le cas du poinçonnage, il s'incline donc, et, par suite, la pression de la lame tranchante n'agit plus de la même façon, la forme des éprouvettes n'est plus conique, la striction se produit dans le plan de rupture.

L'éprouvette ne cède qu'en un point et ne se trouve plus détachée dans aucune partie, la rupture commence à la fois sur les deux bords pour se terminer au milieu, car l'éprouvette est moins longue aux bords qu'au milieu et elle possède, par suite, en ce point un allongement proportionnel plus élevé. S'il y avait glissement, toutes les mises céderaient en même temps; il y a au contraire *traction* avec des éprouvettes de longueurs différentes; les plus longues subsistent encore et résistent à la traction quand les plus petites sont déjà rompues.

Le phénomène du cisaillement est donc analogue à celui du poinçonnage. Dans le cisaillement, la surface de rupture est un plan; la débouchure, c'est-à-dire le morceau coupé, n'est pas maintenu par une butée, ce morceau peut s'écarter de la barre dont il provient.

Dans le poinçonnage, la surface de rupture est prismatique et généralement cylindrique, la débouchure ne peut s'écarter pendant son expulsion.

La considération de la différence de longueur des éprouvettes intéressées explique l'infériorité du coefficient de cisaillement par rapport à la résistance à la traction; infériorité depuis longtemps constatée.

On pourrait supposer en effet que, si le poinçonnage et le cisaillement sont des phénomènes de traction, la résistance devrait être la même dans les trois cas.

Il n'en est rien cependant, et ce fait résulte de ce que les éprouvettes présentent des longueurs différentes, les plus petites sont rompues avant que les plus grandes aient atteint leur maximum de résistance, ce n'est que la réunion de quelques éprouvettes centrales qui donne la résistance.

TROISIÈME PARTIE

De l'effet du jeu dans la matrice.

Si la matrice a un diamètre sensiblement plus grand que le poinçon, le trou obtenu est conique.

Il se forme des éprouvettes comme précédemment, mais la grande diagonale AC du losange ABCDEF s'incline alors par rapport à l'axe du trou, puisque c'est une génératrice du cône. Les points D et J ne sont pas déplacés, mais les points E et K vont s'écarter et les lignes DE et JK vont tendre au parallélisme *(fig. 34)*.

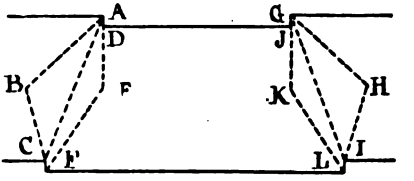


FIG. 34. — Schéma de la zone des déformations intérieures dans le poinçonnage conique.

J'ai pu, du reste, vérifier ce fait par l'expérience suivante : sur

FIG. 35. — Photographie d'un morceau d'acier doux montrant les déformations latérales dans le cas de poinçonnage conique et cylindrique et l'aspect des débouchures.

un morceau d'acier doux, de 20 *mm* d'épaisseur, deux trous ont été poinçonnés *(fig. 35)* avec un même poinçon ordinaire de 25 *mm* de diamètre, mais successivement avec deux matrices de diamètres différents, l'une de 25,5 *mm* et l'autre de 29 *mm*. L'axe des trous restait situé à la même distance, 26 *mm* du bord de la tôle.

Le trou de droite, percé avec la plus petite matrice, est presque cylindrique; celui de gauche est conique.

Les deux débouchures sont placées respectivement sous les trous dont elles proviennent.

La figure 36 représente les diagrammes de ces deux poinçonnages enregistrés par l'élasticimètre. En trait plein, c'est le diagramme du trou cylindrique; en trait pointillé, celui du trou conique.

On remarquera, tout d'abord, que le bord du métal s'est renflé, très peu dans le cas du trou conique, et beaucoup plus dans le

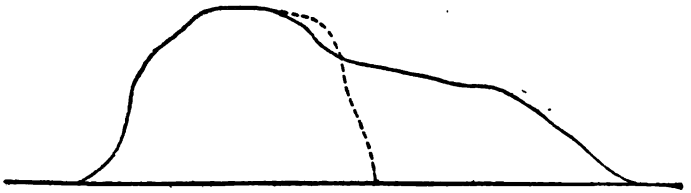


Fig. 36. — Diagrammes du travail dépensé : 1° En trait continu, travail du poinçonnage cylindrique; 2° En trait pointillé, travail du poinçonnage conique.

cas du trou cylindrique, quoique la distance au bord soit cette fois de 2 *mm* plus grande que dans le cas précédent; la débouchure cylindrique porte une collerette et des zones brillantes, polies par le frottement; la débouchure conique n'a pas de collerettes et la partie inférieure seule a été polie, par l'effet de son passage dans la matrice.

Les diagrammes de la figure 36 montrent que le travail absorbé au début du poinçonnage, et aussi l'effort maximum restent les mêmes dans les deux cas; on ne voit de différence, en effet, que dans la partie représentant l'expulsion de la débouchure; dans le cas du trou conique, celle-ci a pu s'échapper sans frotter contre la paroi, le travail s'est annulé aussitôt après la rupture des éprouvettes; dans le trou cylindrique, il a fallu procéder en plus à cette expulsion de la débouchure.

La même expérience a été répétée sur des métaux de résistances très différentes.

Ces expériences ont été effectuées dans les ateliers de nos

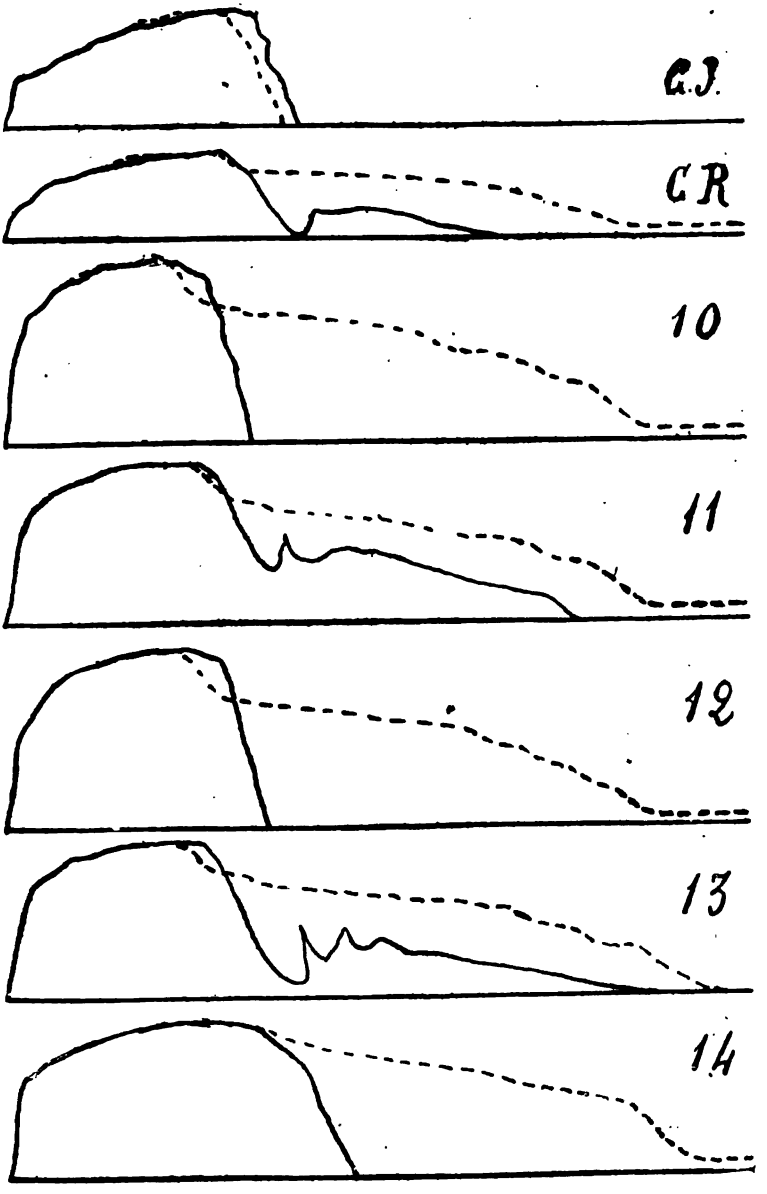


Fig. 37. — Diagrammes du travail, montrant que le jeu laissé entre le poinçon et la matrice n'a pas d'influence sur l'effort maximum dans le poinçonnage.

excellents constructeurs, MM. Bouhey, qui ont eu l'extrême obligeance de mettre à ma disposition leurs meilleures machines-

outils; je les prie d'agréer mes sincères remerciements; j'ai d'ailleurs été secondé par leurs habiles ingénieurs, MM. Claudel et Labadens, qui ont porté un bienveillant intérêt à ces recherches d'intérêt général.

Sept barres de métaux divers (1) : laiton, cuivre, aciers doux, fers, etc., ayant chacune une épaisseur de 25 *mm*, ont été poinçonnées avec le même outil mesurant 35 *mm* de diamètre, mais successivement avec deux matrices différentes : la première, d'un diamètre de 36 *mm*, laissant un jeu minimum pratique de 0,5 *mm* et donnant des trous presque cylindriques; la seconde, d'un diamètre de 39 *mm*, laissant un jeu quatre fois plus grand et donnant des trous coniques.

Les diagrammes du travail développé dans ces opérations ont été enregistrés par l'élasticimètre et sont reproduits par la figure 37; les traits continus indiquent le travail dépensé avec la matrice du plus grand diamètre donnant des débouchures et des trous coniques; les traits pointillés, le travail dépensé avec la matrice du plus petit diamètre donnant des trous et des débouchures cylindriques.

Les figures 38 à 44 sont la reproduction photographique des débouchures obtenues dans ces poinçonnages. Les débouchures placées à la partie inférieure sont celles qui ont été produites avec la plus petite matrice, celles qui sont superposées aux premières ont été obtenues avec la plus grande.

On remarquera que l'effort maximum est le même pour les deux poinçonnages, quel que soit le jeu laissé entre le poinçon et la matrice, et c'est là un résultat d'autant plus intéressant qu'il vient contredire les données admises jusqu'à présent sur ce point.

La seule différence porte sur la quantité du travail total dépensé pour l'exécution du poinçonnage.

Ce travail peut être divisé en deux parties : la première correspond à l'opération du cisaillement proprement dit, agissant par traction du métal et s'effectuant pendant le premier tiers du poinçonnage; la seconde, correspondant à l'expulsion de la débouchure, s'effectue dans le reste de la course du poinçon *(fig. 37)*.

On constate, en effet, sur les diagrammes CR, 11 et 13 *(fig. 37)*, un supplément de travail après l'opération du cisaillement, malgré le jeu de matrice, et on vérifie sur les débouchures *(fig. 39, 41, 43)* les traces de frottement qui a provoqué cet excès de travail; le jeu n'était donc pas encore suffisant pour ces métaux.

(1) Communication à l'Académie des Sciences du 24 juin 1895.

FIG. 38.

FIG. 39.

FIG. 40.

FIG. 41.

FIG. 42.

FIG. 43.

FIG. 44.

FIG. 38 à 44. — Débouchures coniques et cylindriques obtenues avec un même poinçon dans des métaux différents.

Pour déterminer les variations que peut présenter ce phénomène d'expulsion de la débouchure suivant le jeu de la matrice, j'ai fait l'expérience suivante (1) :

Dans une même barre de métal, de 18 *mm* d'épaisseur, et en employant toujours le même poinçon de 19 *mm* de diamètre, j'ai donné quatre coups successifs de poinçon pénétrant à des profondeurs différentes. La première contre-matrice présentant un diamètre de 19 *mm* (exactement le même que le poinçon, le jeu était donc nul); la deuxième présentait un diamètre de 20 *mm*

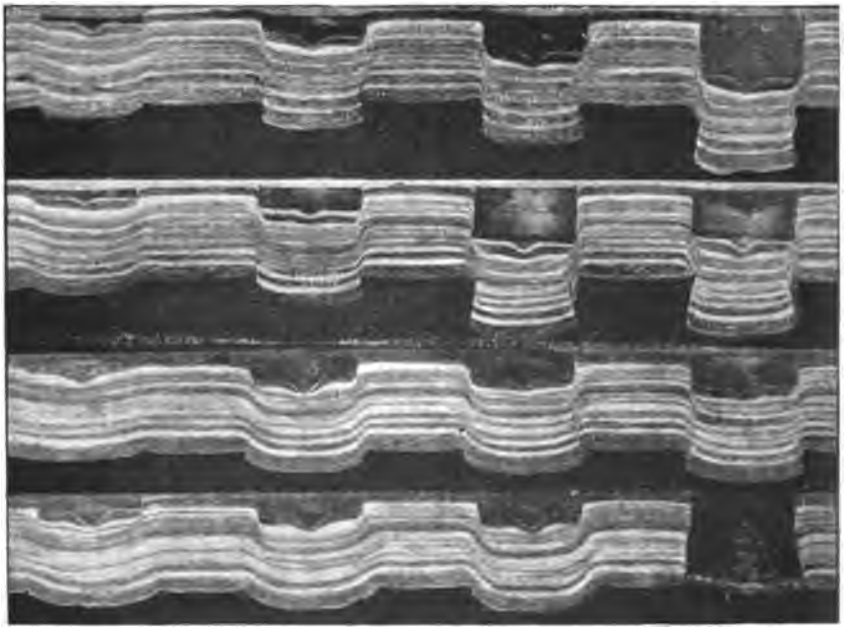


Fig. 45. — Poinçonnages avec le même poinçon, montrant les différents phénomènes qui se produisent dans l'expulsion de la débouchure quand le jeu de la matrice d'abord nul, va en augmentant.

(le jeu était ainsi celui de la pratique industrielle); la troisième, 22 *mm*; la quatrième, 24 *mm*.

J'ai eu recours alors à l'obligeance de notre sympathique collègue, M. Regnard, qui a bien voulu scier ces barres, opération qu'il a su effectuer en quelques instants seulement et qui m'a permis en même temps de garder les échantillons en double, ce qu'on n'obtient pas par le rabotage.

(1) Communication à l'Académie des Sciences du 24 juin 1895.

Après damasquinage, ces échantillons m'ont donné une image reproduite photographiquement sur la figure 45.

L'explication présentée précédemment s'est trouvée confirmée : la débouchure, ayant la forme d'un double tronc de cône, ne peut sortir que si l'ouverture inférieure, du côté de la matrice, est sensiblement plus grande que le diamètre du poinçon.

Quand le jeu est insuffisant, il se produit à la partie inférieure du trou une forte compression latérale, analogue à celle que produirait une broche conique subissant le très grand effort indiqué sur le diagramme du travail *(fig. 37)*.

C'est cette compression latérale qui provoque :

1° Le cintrage du métal sous l'effet du poinçonnage ;

2° Les gonflements et les déchirures dans les fers ;

3° La fissilité dans les aciers.

QUATRIÈME PARTIE

Essais de poinçons de formes différentes.

Il a été exécuté, à deux reprises, dans le laboratoire de l'école d'application des sciences de Cleveland, des essais de poinçonnages effectués sur des poinçons de formes différentes : la première fois, en 1892, par M. Chamberlin (1) ; la seconde fois, en 1894, par M. Allen (2).

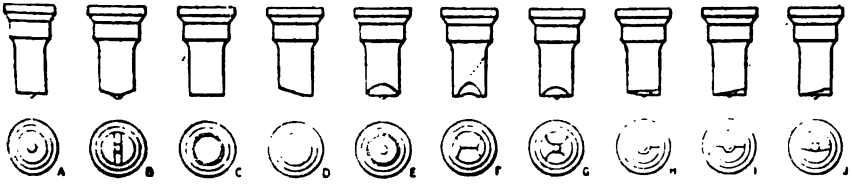


FIG. 46. — Série des dix poinçons de formes différentes employés par M. Allen, dans ses essais.

La figure 46 indique les formes des dix poinçons différents employés par M. Allen dans ses essais.

La figure 47 donne les diagrammes du travail absorbé par le poinçonnage de tôle d'acier exécuté avec ces poinçons.

(1) Essais de M. Chamberlin. *Association of Engineering Societies*, n° 9, septembre 1892 pages 463.

(2) Essais de M. S. Allen. *Engineering News*, n° 18, 3 mai 1894, page 364.

Les essais de M. Chamberlin sont analogues et portent sur les poinçons de mêmes formes que ceux de M. Allen.

Les conclusions de ces deux expérimentateurs sont identiques, ils préconisent l'emploi du poinçon à double hélice, exigeant l'effort maximum le plus faible pour produire un poinçonnage donné.

La raison de cet avantage serait la même que celle de la supériorité des lames obliques pour le cisaillement des tôles.

Dans ce cas, en effet, l'effort maximum est moindre que si on emploie les lames parallèles, car la section de métal continuellement en prise est moindre.

Cependant, le travail total est au moins égal dans les deux cas, souvent même il est plus grand dans le cas des lames obliques, car il y a un travail supplémentaire de déformation du métal; mais la

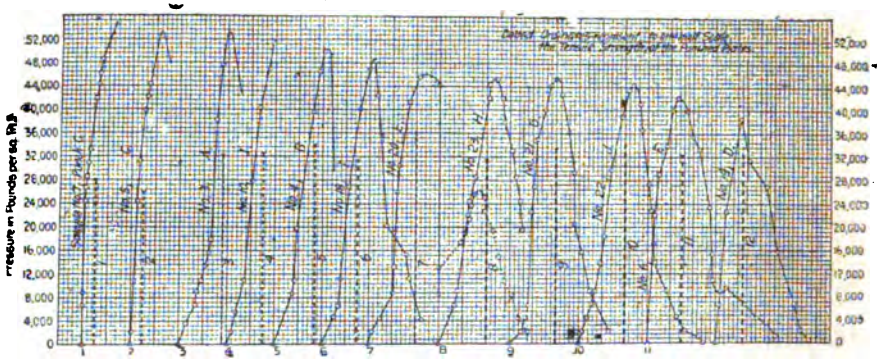


FIG. 47. — Diagrammes du travail dépensé dans le poinçonnage par M. Allen.

course de l'outil est plus grande et l'effort maxima reste moindre pour produire un même cisaillement.

S'il pouvait en être de même dans le poinçonnage, il en résulterait qu'on devrait, avec un poinçon oblique, pouvoir poinçonner à résistance égale une épaisseur plus forte, ou à épaisseur égale employer une machine-outil plus faible.

J'ai voulu vérifier cette conséquence, et c'est grâce à l'extrême obligeance de notre collègue M. Bodin, que j'ai pu effectuer les principaux essais.

Il était inutile d'essayer avec des poinçons de forme asymétrique, leur résistance étant diminuée par le flambement. Il suffisait d'essayer deux formes symétriques, la forme en coin et la forme en double hélice.

Les figures 48 et 49 donnent la reproduction de la photographie : 1° de la face du poinçon; 2° de la face de la débouchure en contact avec le poinçon; 3° et 4° du profil complet de la débouchure obtenue avec une matrice à grand jeu; 5° du même profil d'une débouchure obtenue avec une matrice à faible jeu, comme dans la pratique industrielle; 6° de la face inférieure de la débouchure obtenue avec un morceau de fer de mauvaise qualité pour montrer l'eflet variable de la traction.

Les diagrammes sont ceux du poinçonnage dans une même tôle d'acier doux de 20 *mm* d'épaisseur. Les poinçons ont tous 25 *mm* de diamètre.

La figure 50 donne deux diagrammes superposés; les deux tracés restent identiques dans la première partie et indiquent la

FIG. 48. — Poinçon en coin et débouchures qu'il produit.

FIG. 49. — Poinçon en double hélice et débouchures qu'il produit.

valeur de l'effort maximum, ils ne diffèrent que dans la seconde portion du travail relative à l'expulsion de la débouchure; le poinçonnage avec une matrice de 26 *mm* est figuré par le tracé en trait continu et avec une matrice de 29 *mm* par le tracé en trait pointillé. C'est donc un résultat analogue à celui que nous avons déjà constaté avec l'emploi du poinçon plat ordinaire, suivant que la matrice a plus ou moins de jeu.

La figure 51 donne le diagramme de deux poinçonnages avec la même matrice de 26 *mm*, mais avec le poinçon en coin pour le trait continu et avec le poinçon plat ordinaire pour le trait pointillé.

On constate que l'avantage reste au poinçon ordinaire tant au point de vue du travail total que de l'effort maximum.

La figure 52 donne le diagramme de deux poinçonnages effectués avec le même poinçon à double hélice, en traits continus pour la matrice de 26 *mm* de diamètre, et en traits pointillés pour celle de 29 *mm*.

La figure 53 donne le diagramme de deux poinçonnages effectués avec la même matrice de 26 *mm*, mais avec le poinçon en double hélice pour le trait continu et avec le poinçon plat ordinaire pour le trait pointillé.

Là encore, on constate que l'avantage reste au poinçon ordinaire au point de vue du travail et de l'effort maximum.

La figure 54 montre les deux diagrammes de deux poinçonnages effectués, l'un avec le poinçon à double hélice et représenté en traits continus, l'autre avec le poinçon en coin et représenté en traits pointillés; la différence n'est pas grande, mais elle est à l'avantage du poinçon à double hélice.

Les poinçons des deux formes ont donc tous les inconvénients pour un même poinçonnage ils demandent au moins autant d'effort maximum, ils dépensent plus de travail, ils exigent une course plus grande de l'outil, ils coûtent beaucoup plus cher de fabrication, ils sont beaucoup plus délicats, fatiguent plus et par conséquent, se détériorent plus facilement, ils sont plus longs à fabriquer que le poinçon ordinaire, exigent pour cette fabrication un outillage spécial, notamment celui à deux hélices qui ne peut être bien fabriqué que mécaniquement par des fraiseuses, ils détériorent tout autant le métal, etc.

La conclusion s'impose et découle immédiatement de ces essais : le meilleur poinçon est le poinçon plat ordinaire.

J'ajouterai quelques observations pratiques :

Il est d'usage de ne pas poinçonner de barres de métal et surtout d'acier doux d'une épaisseur plus forte que le diamètre du poinçon.

Notre collègue M. Bodin a effectué des essais sur ce point, et il a pu constater en comparant deux poinçons d'un même diamètre que celui qui perçait les tôles les plus minces durait plus longtemps que l'autre.

On peut cependant se trouver dans l'obligation d'aborder des barres plus épaisses ; il ne faut pas oublier, dans ce cas, que les poinçons cassent plutôt par flambement que par écrasement, car on est obligé alors de leur donner une grande longueur pour pénétrer dans le métal et déboucher dans la matrice, de plus on est obligé de les dégager pour éviter le frottement latéral.

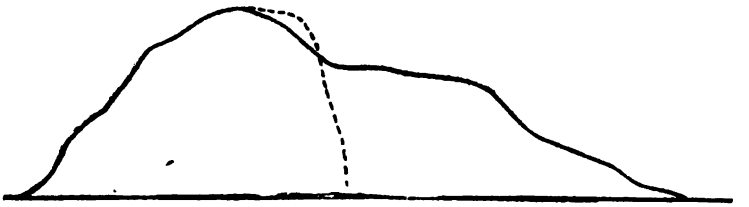


Fig. 50. — Diagrammes du travail dépensé avec le poinçon en coin. 1° En trait continu, pour produire un trou cylindrique ; 2° en trait pointillé, pour produire un trou conique.

Fig. 51. — Diagramme du travail dépensé. 1° En trait continu, par le poinçon en coin ; 2° en trait pointillé, par le poinçon ordinaire.

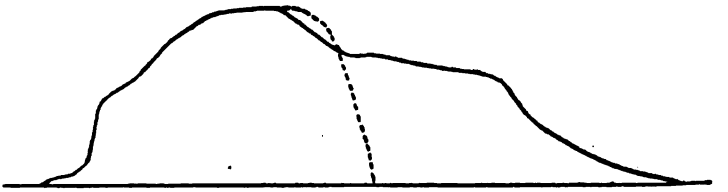


Fig. 52. — Diagramme du travail dépensé avec le poinçon en double hélice. 1° En trait continu, pour produire un trou cylindrique ; 2° en trait pointillé, pour produire un trou conique.

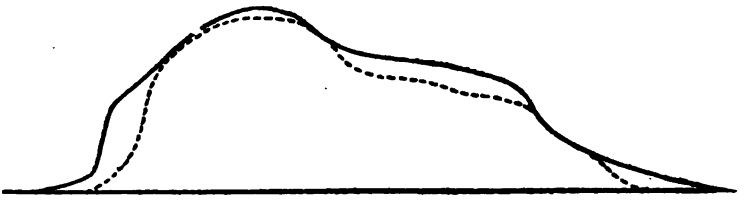


Fig. 53. — Diagrammes du travail dépensé. 1° En trait continu, par le poinçon en double hélice ; 2° en trait pointillé, par le poinçon ordinaire.

Fig. 54. — Diagrammes du travail dépensé. 1° En trait continu, par le poinçon en double hélice ; 2° en trait pointillé, par le poinçon en coin.

Si ce cas se présente, on peut obtenir de bons résultats en effectuant le poinçonnage en deux fois.

En effet, et si l'on se reporte à un diagramme quelconque de poinçonnage, on remarque que l'effort maximum se trouve atteint dès le premier tiers environ de la course du poinçon; mais immédiatement après la pression décroît sensiblement.

Si donc on opère d'abord avec un poinçon ne s'enfonçant que peu, au delà du tiers de l'épaisseur du métal, l'outil résistera, le flambement n'exercera pas un effet aussi prononcé sur une faible longueur, puis le second poinçon qui présentera la longueur totale suffisante pour terminer le trou résistera aussi, parce que, malgré sa longueur plus forte il n'aura qu'un effort moindre à supporter.

Ce n'est point la forme du poinçon que nous devons changer, le poinçon plat, légèrement dégagé sur le derrière agit dans de bonnes conditions, il ne faut pas le creuser sur la face de compression, et si l'on remarque que la face supérieure des débouchures est toujours concave et que le poinçon en plan ne porte que sur des arêtes, on en conclura qu'il vaut mieux le renfler de cette même quantité pour l'empêcher de s'écaler des bords.

Mais ce qui est important, c'est de poinçonner avec une matrice ayant un jeu suffisant pour éviter surtout de détériorer le métal ou tout au moins pour ne le détériorer que le moins possible.

Quelle valeur doit-on donner à ce jeu? Celle-ci peut varier, pour le fer et pour l'acier entre le quart et le cinquième de l'*épaisseur* du métal à poinçonner. Il n'est pas possible de calculer exactement ce jeu, parce qu'il est surtout fonction de l'épaisseur, mais aussi de la ductilité de ce métal. Dans tous les cas, il est facile de le déterminer pratiquement, car il suffit de remarquer que la débouchure ne doit porter sur son pourtour aucune trace de frottement, sauf à sa partie inférieure, le frottement se trouvant alors produit dans la matrice et non dans le passage au travers du métal.

J'insiste particulièrement sur le jeu dans la matrice, car c'est seulement ce jeu qui provoque la détérioration du métal, ainsi que je l'ai indiqué; aussi, contrairement à ce qui est généralement admis en pratique (1) il faut tendre à poinçonner coniquement.

(1) Commission des Méthodes d'essai, tome I, page 146.

Je puis de même affirmer que dans un essai par pliage ou par choc (1) il convient de placer les barres poinçonnées du côté convexe, pour réaliser les conditions les plus favorables à la rupture.

Le poinçonnage présente, par rapport au forage à la mèche de réels avantages économiques, il est vingt fois plus rapide, et donne les trous plus exactement placés, car il arrive souvent que les trous forés sont coulés.

Par contre, les trous forés sont plus cylindriques et plus lisses, le métal n'est pas détérioré.

Il importe donc dans l'intérêt de la fabrication de trouver un système de poinçonnage produisant un perçage aussi parfait que le forage.

On a souvent préconisé le double poinçonnage successif, c'est-à-dire la méthode qui consiste à opérer d'abord avec un poinçon

Fig. 55. — Tôle de fer ayant subi un double poinçonnage successif et débouchure résultant de la couronne ainsi détachée.

d'un diamètre moindre, puis avec un second poinçon, pris au diamètre du trou définitif.

La figure 55 représente en photographie, la coupe d'un morceau de fer de 23 *mm* d'épaisseur, percé primitivement à 20 *mm*, puis définitivement poinçonné à 25 *mm*. Le second cylindre enlevé présente ainsi une épaisseur de 2,5 *mm*.

Il est facile de constater que le trou n'est pas plus lisse que dans un poinçonnage effectué d'un seul coup, le métal est aussi détérioré, les arrachements successifs en témoignent suffisamment. La débouchure n'a plus que 14 *mm* d'épaisseur au lieu de 23 *mm*, parce que sous l'effet de la pression du poinçon le métal s'est plissé et refoulé à l'intérieur du cylindre détaché.

En somme, cette double opération, plus longue et plus coûteuse que l'opération habituelle, n'a procuré aucun avantage.

(1) Commission des Méthodes d'essai, tome I, page 165.

Pour réaliser les conditions requises, j'ai imaginé un poinçon raboteur représenté figure 56.

La matrice *mm* a le diamètre du trou définitif, le poinçon *a* d'un diamètre moindre laisse en *b* dans la partie en contact avec le métal, un jeu suffisant pour produire un trou conique, sans collerettes polies sur la débouchure; puis, au-dessus, sur une hauteur *d*, on a ménagé des stries analogues à celles d'une fraise qui font office de rabots successifs pour enlever dans le cône la partie de métal en excès et donner un trou *lisse* et *cylindrique* ayant le diamètre de la matrice.

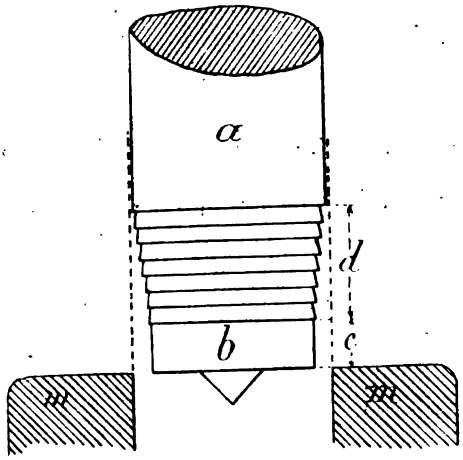


Fig. 56. — Poinçon rabotteur à stries parallèles.

La figure 57 indique le fonctionnement de ce poinçon raboteur. Dans le métal *p* le poinçon *a* vient de détacher la débouchure de forme conique, et les rabots vont entamer le métal pour redresser la paroi intérieure du trou.

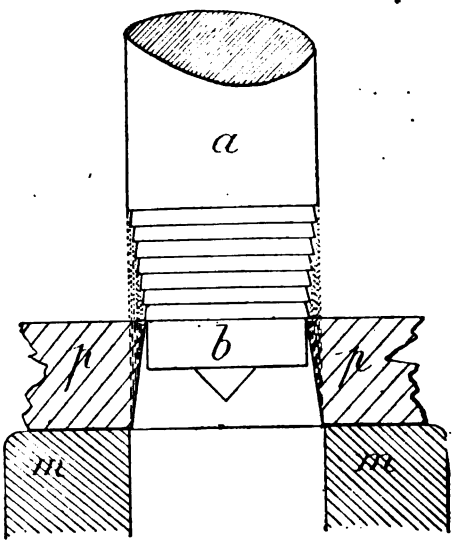


Fig. 57. — Fonctionnement du poinçon raboteur.

Chaque rabot enlèvera une couronne de métal, qui restera sertie sur le poinçon; il faudra donc, après chaque opération, détacher l'ensemble de ces couronnes; pour rendre ce détachement facile, il suffit de remplacer les stries successives du poinçon par une ou plusieurs stries en hélice *(fig. 58)*.

Ce poinçon est, sans doute, d'un prix plus élevé que le poinçon

ordinaire, il exige aussi une course de poinçonnage plus grande; mais, par contre, il réalise complètement les avantages désirés, c'est-à-dire qu'il opère sans détériorer le métal, en donnant des trous lisses et cylindriques.

La figure 59 montre la photographie de :

1° Une plaque de mauvais fer, de 20 *mm* d'épaisseur, percée de trois trous de 25 *mm* de diamètre (il est facile de vérifier leur similitude d'aspect avec des trous forés) ;

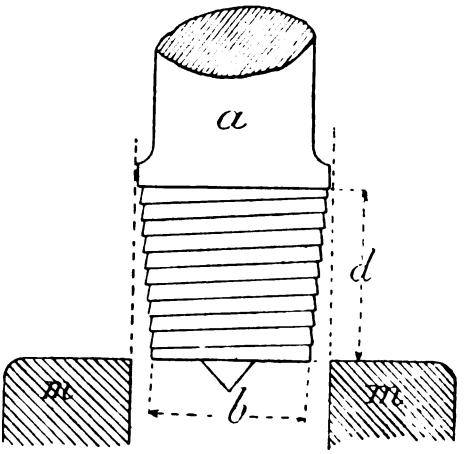


Fig. 58. — Poinçon raboteur à stries en hélice.

2° Une débouchure provenant d'un de ces trous ; elle est suffisamment conique pour n'avoir pas de collerette ;

3° A gauche, un poinçon à rabots parallèles et les couronnes circulaires, déchets de métal raboté ;

Fig. 59. — 1° Plaque de mauvais fer poinçonné par le poinçon raboteur ; 2° débouchure provenant d'un de ces trous ; 3° poinçon raboteur à stries parallèles et ses copeaux ; 4° poinçon raboteur à stries en hélices et ses copeaux.

4° A droite, un poinçon avec stries en hélice et un copeau provenant du rabotage avec ce poinçon.

Avec ce dernier système de stries en hélice, à pas suffisamment

incliné, le copeau ne reste pas adhérent dans les stries de l'outil, car à l'opération suivante il se trouve refoulé par le nouveau copeau que celle-ci va détacher, et il se trouve donc entraîné le long de la rainure héliçoïdale, dégageant ainsi complètement le filet.

CINQUIÈME PARTIE

Cause de la détérioration du métal par le poinçonnage et le cisaillement.

« On sait depuis longtemps (1) que le perçage des trous, au moyen du poinçon, altère la qualité du métal, tandis que le forage à la mèche ne produit pas d'effets analogues. De nombreuses expériences ont été faites à ce sujet, mais, la plupart du temps, elles ont été poursuivies sans méthode, en faisant varier à la fois plusieurs éléments, de sorte qu'il est impossible d'en rien conclure de précis.

» M. J. Barba a publié, en 1875, une étude sur l'emploi de l'acier, dans laquelle il a donné le résultat d'essais méthodiques faits à Lorient, qui permettent de se rendre compte de l'effet du poinçonnage.

» Des trous ont été percés dans des barrettes d'acier de 7 *mm* d'épaisseur, avec un poinçon de 17 *mm* de diamètre.

» Dans la première série, la matrice avait 18 *mm* d'ouverture, et produisait des trous sensiblement cylindriques ; dans la seconde, la matrice avait 21 *mm* et donnait des trous coniques. Ces barrettes, essayées à la traction, ont donné les résistances suivantes :

» Largeur des barrettes d'essai . . . . *mm*	32	50	68	86	104	122
» Résistance avec trous cylindriques. . *kg*	42,7	40,8	39,8	35,7	38,2	36,4
» Résistance avec trous coniques . . . *kg*	50,0	44,5	41,4	35,2	36,1	37,4

» La résistance normale de la tôle dans laquelle avaient été découpées ces barrettes étant de 51 à 52 *kg*, ces chiffres prouvent

(1) *Annales des Ponts et Chaussées.* Avril 1889, page 574. — *Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions*, par M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — *Effets du poinçonnage*, page 727.

que la diminution de résistance due au poinçonnage varie avec la largeur de la barrette d'essai, et peut s'élever jusqu'à 31 0/0.

» M. Barba s'est assuré que cette diminution de résistance n'est plus que de 3 0/0 environ lorsque la surface intérieure du trou poinçonné est enlevée au foret ou à la lime sur une épaisseur de 1 *mm*, ou lorsque le trou est recuit après poinçonnage.

» Page 35 (1). — Il était intéressant d'examiner spécialement cette zone. Dans ce but, des trous furent percés au même dia-

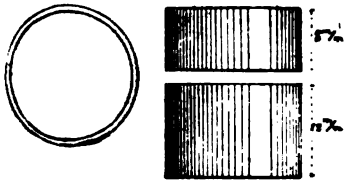


Fig. 60. — Bague obtenue par M. Barba (vraie grandeur).

Fig. 61. Trou foré.

Fig. 62. Trou foré.

mètre dans des tôles, de 8 et 12 *mm*, de Terre-Noire, les uns forés, d'autres poinçonnés et agrandis de 2 *mm* en diamètre. On enleva ensuite sur ces tôles toute la partie extérieure à la zone en question, et, en opérant avec précaution, à l'aide d'un tour, on put obtenir des bagues d'environ *un demi-millimètre d'épaisseur de matière (fig. 60)*.

» En cherchant à aplatir ces bagues, on observa des résultats

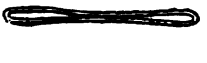


Fig. 63. — Trou poinçonné agrandi.

Fig. 64. — Trou poinçonné agrandi.

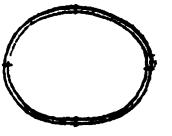


Fig. 65. — Trou poinçonné.

très différents. Les bagues avec trous forés purent être complètement aplaties au marteau sans criqûre *(fig. 61)*; en cherchant à les ramener ensuite à leur forme primitive, une criqûre se manifesta aux extrémités *(fig. 62)*.

» Les bagues avec trous poinçonnés agrandis subirent aussi bien la même épreuve *(fig. 63)*; la première criqûre se manifesta quand on fut revenu à la forme *(fig. 64)*.

(1) *Étude sur l'emploi de l'acier dans les constructions*, par J. Barba, 1875, page 35.

» Au point de vue de cette épreuve, les bagues obtenues de ces deux manières étaient donc dans les mêmes conditions.

» Quant aux bagues avec trous poinçonnés, il fallut exercer un *plus grand effort* que sur les précédentes pour commencer à les aplatir ; elles ne purent subir qu'une déformation insignifiante et des traces de criqûre se manifestèrent immédiatement *(fig. 65)*.

» Les figures 66, 67 et 68 représentent quelques-unes de ces bagues après rupture complète ; on peut observer que *chacun des fragments a toujours la forme d'un arc de cercle primitif*.

» On remarqua aussi que les dernières bagues se laissaient entamer à la lime plus difficilement que les précédentes, et rayaient un peu la tôle d'acier à laquelle elles avaient appartenu ; les bagues obtenues directement ou agrandies par le forage ne produisaient pas cet effet.

» Les débouchures de poinçon se comportaient à la lime comme le métal les environnant ».

Ces intéressantes expériences, imaginées par un praticien d'une

Fig. 66.
Trou poinçonné.

Fig. 67.
Trou poinçonné.

Fig. 68.
Trou poinçonné.

grande autorité scientifique, ne manquèrent pas d'appeler l'attention de tous les ingénieurs spécialistes, et elles eurent pour conséquence que, dans les travaux importants, le poïnçonnage fut complètement proscrit, et la plupart des grandes administrations refusèrent de l'accepter autrement qu'en l'amendant par un alésage suffisant pour enlever cette zone de métal altérée.

M. Barba n'indique pas en détail le procédé employé par lui pour préparer ces bagues d'expériences : il dit que c'est en opérant avec précaution, à l'aide d'un tour ; il ne donne que le tracé géométrique *(fig. 60)*.

On peut supposer que la partie du métal comportant ces trous poinçonnés, de forme légèrement conique, devait être passée sur une broche enfoncée à force, qui servait d'axe et se montait ensuite sur les pointes du tour.

Dans le cas des trous percés ou alésés, la paroi est bien lisse et le contact avec la broche peut devenir assez parfait sans qu'on ait à développer un effort trop important pour assurer l'enfoncement ; mais, dans le cas des trous poinçonnés, *la grande irrégula-*

rité relative de la paroi du trou oblige à effectuer un matage des aspérités, un véritable brochage, ce qui dénature à nouveau la zone étudiée. Or, les inégalités de la surface sont très appréciables, et si l'on considère que la bague finale n'a qu'un *demi-millimètre* d'épaisseur, on peut estimer qu'elle devait comporter des parties très minces par rapport à d'autres très épaisses.

Cette considération explique d'ailleurs la remarque de M. Barba que les fragments séparés après rupture des bagues conservent toujours la forme de l'arc du cercle primitif.

Poursuivant ses expériences sur les bagues, M. Barba ajoute :

« Des bagues provenant de trous poinçonnés furent chauffées dans un four à gaz à la température du rouge cerise ; on les laissa refroidir sans aucun travail et on les soumit à la même épreuve de déformation ; toutes purent être aplaties complètement *(fig. 69)* ; les criqûres ne se manifestèrent que quand, après apiatissement, elles furent revenues à la forme *(fig. 70)*. D'autres bagues, traitées de la même manière, coupées suivant une géné-

Fig. 69. — Trou poinçonné recuit.

Fig. 70. — Trou poinçonné reçuit.

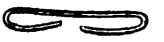


Fig. 71. — Trou poinçonné recuit (développé).

ratrice, purent être développées complètement et reployées de façon à faire travailler à l'extension l'intérieur de la bague ; elles purent être aplaties comme l'indique la figure 71, sans qu'on aperçût aucune criqûre ; en poursuivant plus loin la déformation, les criqûres apparaissaient.

» Cette dernière expérience prouve d'une manière évidente que le poinçon, par son action, ne détermine aucune espèce de fente sur les bords du trou qu'il produit. On sait que quelques auteurs admettaient l'hypothèse de ces commencements de rupture pour expliquer la faible résistance observée sur les tôles poinnçonées ».

Je rappellerai à ce sujet que les expériences exposées plus haut me paraissent établir d'une façon incontestable que le phénomène du poinçonnage et du cisaillement doit être assimilé à une opération de *traction*.

Ces deux opérations doivent donc entraîner, dans la qualité du métal, les mêmes transformations que provoque la traction.

Il est admis que la traction produit de *l'écrouissage ;* la limite

d'élasticité et la résistance à la rupture sont augmentées et l'allongement diminué.

Une expérience très caractéristique, que notre sympathique collègue, M. Mauclère, Directeur des ateliers de la Compagnie des Omnibus, pratiqua en 1885, doit être rappelée à ce sujet.

Une éprouvette cylindrique, de 15,95 *mm* de diamètre (section : 2 *cm*²), est soumise à une traction jusqu'à l'apparition bien nette d'une striction ; l'éprouvette est remise sur le tour et réduite en un nouveau cylindre inférieur en diamètre à la striction.

Un second essai semblable au précédent amène une seconde striction, mais non plus au même emplacement qu'occupait la première, contrairement à l'attente générale. L'éprouvette remise sur le tour, de façon à en diminuer le diamètre jusqu'à disparition des traces de la seconde striction, est essayée à nouveau, et

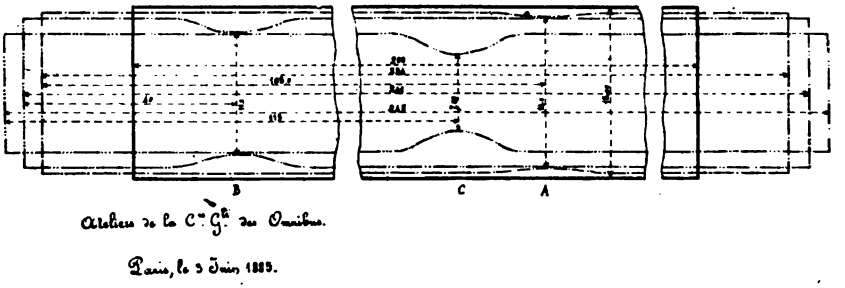


FIG. 72. — Éprouvette ayant subi plusieurs essais de traction.

une troisième striction apparaît encore dans un nouvel emplacement différent des deux premières.

La figure 72 donne le tracé de cette éprouvette dans ses différents états.

Il est facile d'expliquer ce phénomène : dans la partie de l'éprouvette où s'est déclarée la striction, il y a eu écrouissage, la résistance à la rupture, par millimètre carré, a augmenté, et l'allongement a diminué ; si la traction avait continué sans qu'on ait retouché l'éprouvette, il est probable que la rupture se serait produite en ce point, en raison de la réduction de la section (celle-ci se trouvait, en effet, ramenée à 165 *mm*², tandis qu'elle atteignait 200 *mm*² sur le reste de la longueur), l'augmentation de résistance par millimètre carré n'aurait probablement pas été suffisante pour compenser l'affaiblissement dû à cette réduction de la section. Mais dès qu'elle eut été ramenée sur toute son

étendue par passage au tour à la section réduite, cette éprouvette devait résister plus facilement dans la région affectée antérieurement par la striction, puisque cette région ainsi écrouie présentait une résistance plus grande.

J'invoquerai à ce sujet une expérience pratique des plus intéressantes : lorsqu'un câble métallique comportant un grand nombre de fils d'un faible diamètre, est mis en service, il subit une traction qui fait rompre souvent, dès le début, une certaine quantité de ces fils soumis à l'essai de traction, il se rompt alors sous une charge relativement faible; mais, après un certain temps de travail, on constate ce phénomène singulier au premier abord, que le câble peut supporter un effort plus considérable qu'au début, malgré la rupture intérieure d'une certaine quantité de fils ou fibres élémentaires.

Fig. 73. — Microscope spécial pour l'étude des métaux.

L'explication est la même que précédemment, les fils qui ont subsisté dans ce câble ont été *écrouis* par la traction dans le fonctionnement, ils ont acquis une augmentation de résistance, et le produit de cette nouvelle résistance par la section effective (c'est-à-dire la section apparente diminuée de la section des fibres rompues) est plus grand que le produit de la résistance primitive par la section totale des fibres.

On peut donc admettre la formation de fissures intermoléculaires dans la striction en général, le cas du câble en est une preuve frappante, et ne pas écarter cependant la possibilité d'augmentation de résistance, malgré la formation de ces fissures.

La zone de métal altérée dans le poinçonnage se trouve ainsi avoir subi les mêmes changements de qualité que la région de l'éprouvette affectée par la striction.

Il reste donc possible, contrairement à ce que suppose M. Barba,

que l'action du poinçon détermine effectivement des fentes légères sur les bords du trou qu'il produit, bien que, après recuit au rouge cerise, les bagues provenant des trous ainsi obtenus aient pu être aplaties complètement.

Tel est aussi, du reste, l'avis de M. le capitaine Alb. Couhard (1) qui, après avoir constaté la malléabilité, après recuit, de bagues

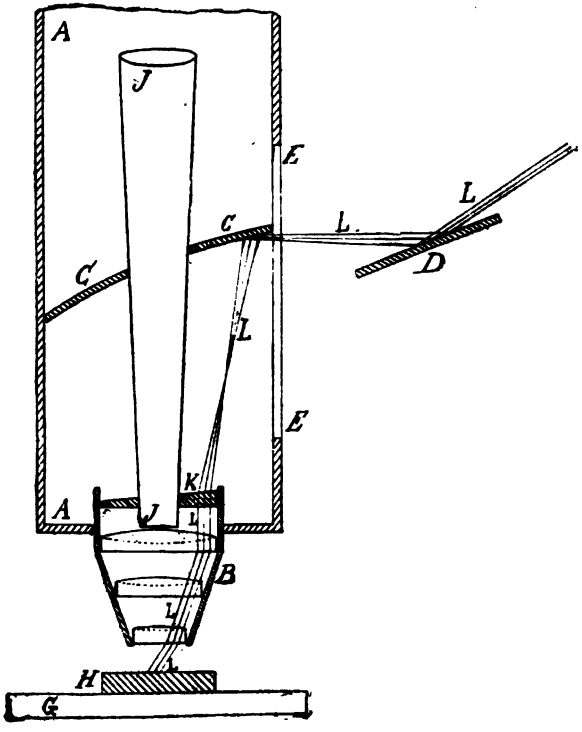


FIG. 74. — Schéma montrant la disposition de l'éclairement vertical.

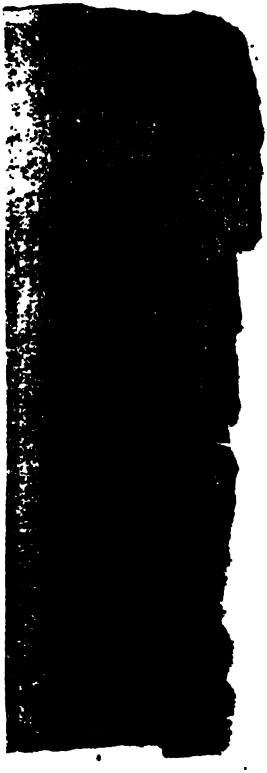


FIG. 75. — Coupe d'une tôle poinçonnée montrant la zone altérée, vue au microscope.

poinçonnées qui peuvent alors s'aplatir sans se briser comme celles de trous forés à la mèche, ajoute cependant :

« De cette expérience on a voulu conclure que le poinçonnage altérait seulement la nature du métal sans y produire de fissures, car, disait-on, le recuit serait impuissant à les faire disparaître. Nous savons, au contraire, que le recuit amenant le ciment à l'état liquide ou pâteux, lui permet de se répartir plus uniformé-

(1) *Cours de sciences appliquées aux arts militaires*, 2e partie, décembre 1889, page 81.

ment et aussi de recoller pour ainsi dire les parties fissurées (pourvu que les fissures soient assez faibles et n'aient pas été oxydées). »

Il est probable, en effet, que ces fissures sont excessivement

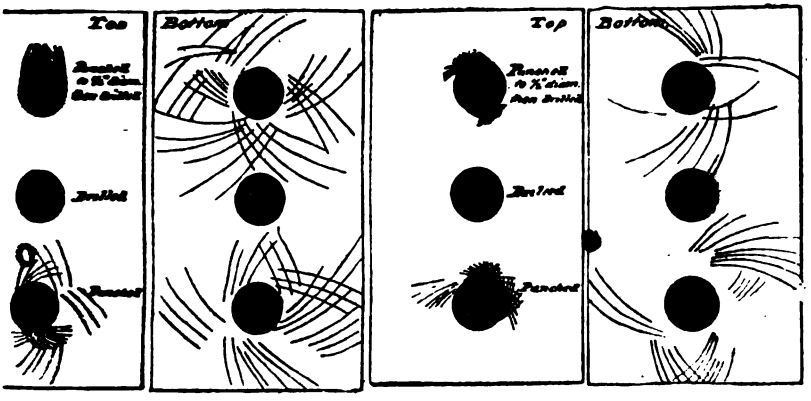


Fig. 76.

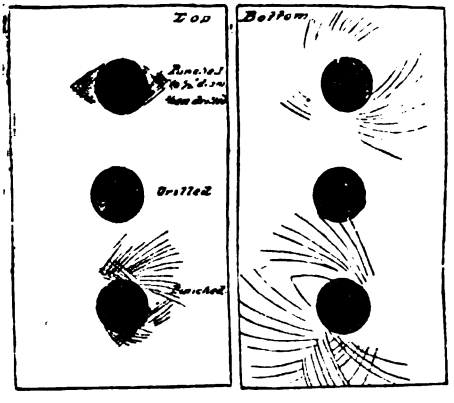


Fig. 77.

Fig. 78.

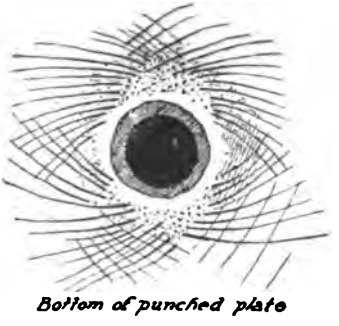


Fig. 79.

Fig. 76 à 79. — Lignes courbes apparaissant autour des trous poinçonnés sur les éprouvettes de traction etc., signalées par M. Beck-Guerhard.

fines, car je n'ai pu réussir à les apercevoir dans mes recherches micrographiques; je me suis même construit, dans ce but, un microscope spécial *(fig. 73)* pour l'étude des métaux, permettant d'obtenir un éclairement vertical, aussi bien qu'un éclairement

oblique (1), mais ma technique préparatoire était sans doute insuffisante.

La description de cet appareil est donnée dans une note spéciale, en appendice.

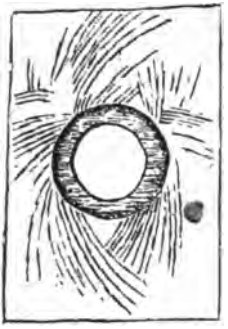


FIG. 80.

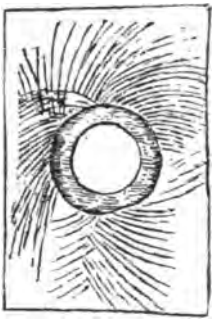


FIG. 81.

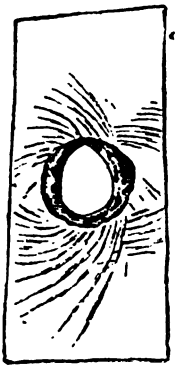


FIG. 82.

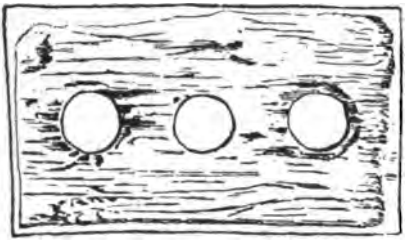


FIG. 83.

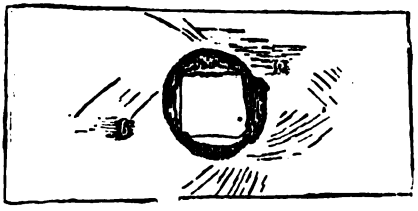


FIG. 84.

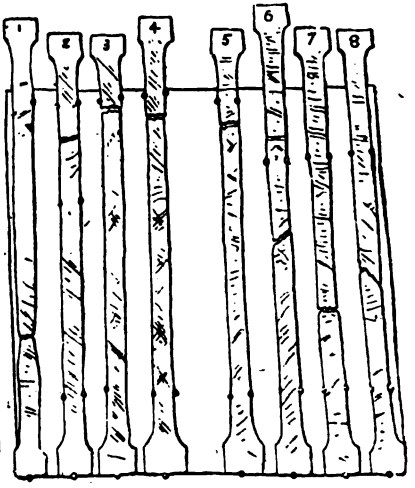


FIG. 85.

FIG. 80 à 85. — Lignes courbes apparaissant autour des trous poinçonnés sur les éprouvettes de traction, etc., indiquées par M. Beck-Guerhard.

M. Beck-Guerhard, Ingénieur des mines, Inspecteur du gouvernement au service de la voie en Russie, a aussi recherché ces

(1) Communication à l'Académie des Sciences du 12 août 1895.

criqûres à l'aide du microscope, il n'a pas réussi à les voir, mais il a signalé un fait intéressant et inexpliqué (1).

Sur la surface polie des tôles, autour des trous poinçonnés, apparaît, dit-il, clairement visible à l'œil (sans microscope ni loupe), un dessin composé de lignes courbes disposées comme des faisceaux plus ou moins tangents à la circonférence du trou et se coupant mutuellement.

Ces lignes n'apparaissent pas autour des trous percés, mais autour des trous poinçonnés ou alésés après poinçonnage.

Les figures 76 à 85 sont la reproduction des dessins de M. Beck-Guerhard.

Aigreur du métal poinçonné (2).

» Le métal poinçonné est exposé à un autre danger, par suite de son manque presque absolu de ductibilité. Si l'on prend, en effet, une barrette de tôle d'acier, percée au centre d'un trou poinçonné, et, si on la plie au point où ce trou est percé, on constate qu'elle se brise dès que la flexion atteint un angle de 15° à 25° De même, si l'on examine une barre poinçonnée et brisée par traction. »

» En effet, dans ce dernier cas (3) la forme de la cassure prouve que les fibres centrales *(fig. 86)* se sont allongées moins que les autres et indique une rupture commencée par le centre. »

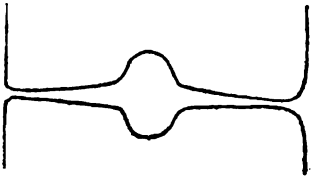


Fig. 86. — Forme de la cassure.

En résumé, le métal ne peut se plier aussi facilement dans une région poinçonnée que dans une région voisine forée; il apparaît des criques et si le pliage est continué, la rupture se fait dès que la flexion a atteint un angle relativement faible.

Dans le poinçonnage, comme nous l'avons vu, lorsque le trou est cylindrique la débouchure est obligée, pour sortir, d'agrandir son passage en dilatant le métal, c'est ce qui produit d'ailleurs le cintrage de la tôle; or, le métal écroui n'a qu'un allongement faible et d'autant plus réduit que l'écrouissage est plus prononcé, on conçoit donc que si cette dilatation forcée a dépassé la capacité

(1) *Engineering News*, 13 décembre 1884, page 279.
(2) *Annales des Ponts et Chaussées*, Considère, avril 1885, page 738.
(3) Barba, page 31.

d'allongement du métal, elle eût provoqué des criqûres qui demeurent imperceptibles, car la zone concentrique et extérieure à la région altérée, a conservé plus d'élasticité, elle a cédé momentanément pendant que la région intérieure se fissurait, et elle a pu agir ensuite comme une frette en resserrant assez le métal détérioré pour empêcher de laisser percevoir les traces de fissures.

(1) » Dans les trous poinçonnés coniques, le métal est un peu moins altéré qu'avec le poinçonnage cylindrique; des bagues détachées autour de ces trous ont pu être déformées légèrement il est vrai, mais d'une façon sensible *(fig. 87)*. Ce résultat s'explique par la trempe un peu moindre que produit ce mode de poinçonnage; on sait qu'il faut *moins d'effort* pour déboucher un trou dans une tôle dans ce cas qu'avec le poinçonnage cylindrique, et, en effet, sous l'action du poinçon, les fibres sont, dans une partie de l'épaisseur, soumises à une flexion, en même temps qu'au cisaillement proprement dit qu'effectue le poinçonnage cylindrique. Dans les barrettes d'épreuve, l'allongement peut alors s'effectuer un peu plus régulièrement, *les criqûres se manifestent moins vite* et on trouve finalement *une résistance* par millimètre carré *différant peu* de celle des *barrettes forées.* »

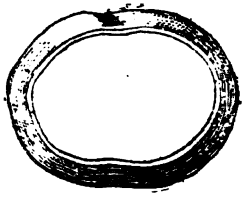


Fig. 87. — Bague provenant d'un trou conique.

On voit immédiatement l'interprétation à donner à ces résultats d'après les explications qui précèdent, le travail total développé dans le poinçonnage conique est inférieur à celui qu'exige le poinçonnage cylindrique. Si la résistance de la barrette qui a subi le poinçonnage conique est peu affectée par cette opération, ce fait tient à ce que, dans ce dernier cas, la débouchure n'a pas gonflé le trou, la zone altérée n'a pas dépassé la limite de l'allongement dont elle est capable, et il ne s'est produit aucune crique.

SIXIÈME PARTIE

Emploi du poinçonnage et du cisaillement comme méthode d'essai des métaux.

Dans le travail pratique des ateliers il n'est pas rare de voir un contremaître, ramasser une débouchure pour juger de la qualité du métal poinçonné; de même qu'un forgeron casse à froid une

(1) Barba, page 43.

extrémité de la barre de fer qu'il va forger, pour juger d'après la texture de la cassure, si la nature du métal qu'il va employer convient bien au travail qu'il a en vue.

Une débouchure comme celles qui sont représentées figure 88 indique un fer très cassant, sans ductilité, etc.

D'ingénieux chefs de fabrication ont utilisé de même le cisaillement.

En Angleterre, certaines usines jugent de la qualité de leurs produits par l'effort nécessaire pour produire un poinçonnage donné sur le métal fabriqué.

Actuellement la méthode d'essai de recette la plus en usage est l'épreuve de traction. Non pas parce qu'elle soit parfaite ; car « suivant l'expression du rapport général (1) présenté au nom de la Commission des méthodes d'essai, un des membres les plus autorisés de cette Commission qui a effectué sur l'essai de traction de longues et importantes recherches, et qui l'a étudié au double point de vue théorique et pratique, avec les ressources de l'analyse la plus savante et des ateliers les mieux outillés, en est venu à douter lui-même de la valeur réelle de cette épreuve dont il avait contribué plus que personne à fixer les lois nécessaires, il a fait remarquer qu'elle ne répond pas toujours aux sacrifices qu'elle exige, car les résultats qu'elle apporte n'ont jamais la valeur absolue qu'on voudrait leur attribuer, ni au point de vue de la résistance observée, ni surtout à celui de l'allongement. M. Barba a pu montrer, en effet, en soumettant à l'essai de traction différentes sections d'une même éprouvette, que la résistance présente des variations importantes dans toute l'étendue de la longueur utile, et que ces variations peuvent même atteindre 15 à 20 0/0.

Fig. 88. — Débouchures criquées.

« Les allongements partiels relevés après rupture sur des éprouvettes de différents tracés donnent aussi des variations plus accentuées encore. Ces différences résultent nécessairement de l'hétérogénéité du métal, car l'allongement ne fait que manifester la

(1) Commission des méthodes d'essai. Rapport général, tome Ier, page 81.

désagrégation souvent irrégulière du métal constituant les barreaux rompus; cette désagrégation est plus ou moins générale, plus ou moins localisée, et il est difficile d'y voir un élément caractéristique du métal.

» Sans parler des irrégularités locales, le métal, considéré au point de vue théorique, possède, dit M. Osmond, autant de coefficients mécaniques distincts qu'il a de structures superposées; dans chaque essai particulier, c'est le réseau qui offre le moins de résistance à l'effort considéré qui cède le premier, en déterminant la rupture, et dans les différents essais, ce n'est pas forcément le même réseau qui cède le plus.

» Il reste établi, d'après ces observations, que les produits de qualité courante ne peuvent pas comporter une grande précision dans les essais; il ne convient pas en un mot de s'attacher à une observation trop minutieuse des résultats obtenus dans un essai individuel, puisqu'il subsiste toujours une indécision inévitable sur la valeur des essais moyens. On peut donc accepter pour ces épreuves des machines d'installation plus simple et de prix modique auxquelles on n'ait pas à demander une précision que l'essai lui-même ne comporte pas. »

Malgré ce manque de précision à peu près inévitable, l'essai de traction des métaux a l'avantage de donner des résultats bien définis; par contre, il présente l'inconvénient d'être long et dispendieux et il y aurait grand intérêt à disposer d'une méthode d'essai plus pratique et économique surtout si elle pouvait donner des résultats aussi définis; dussent-ils être affectés du même défaut de précision.

En 1893, au Congrès des Ingénieurs à l'Exposition de Chicago, un ingénieur américain, M. Alfred E. Hunt, a présenté un mémoire sur les essais par poinçonnage.

« La méthode d'essai proposée par M. Hunt consiste à poinçonner ou à cisailler, à entailler ou travailler à la broche, des pièces d'une épaisseur de métal déterminée, et à comparer l'*effort* nécessaire pour ce travail avec celui qu'exigent des pièces étalons traitées de même. On peut aussi faire la comparaison entre le *travail* effectué, ou des facteurs du travail développé à différents moments des opérations de poinçonnage de mortaisage ou d'élargissement et les résultats obtenus, en traitant de la même façon des pièces étalons. »

C'est à M. Hunt que reviendra évidemment l'honneur d'avoir *lancé* cette méthode.

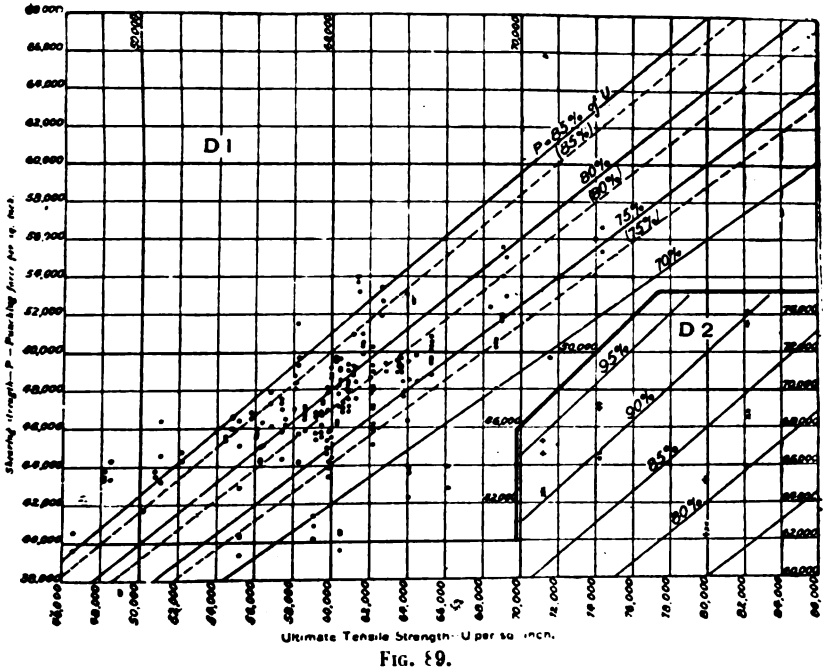


FIG. 89.

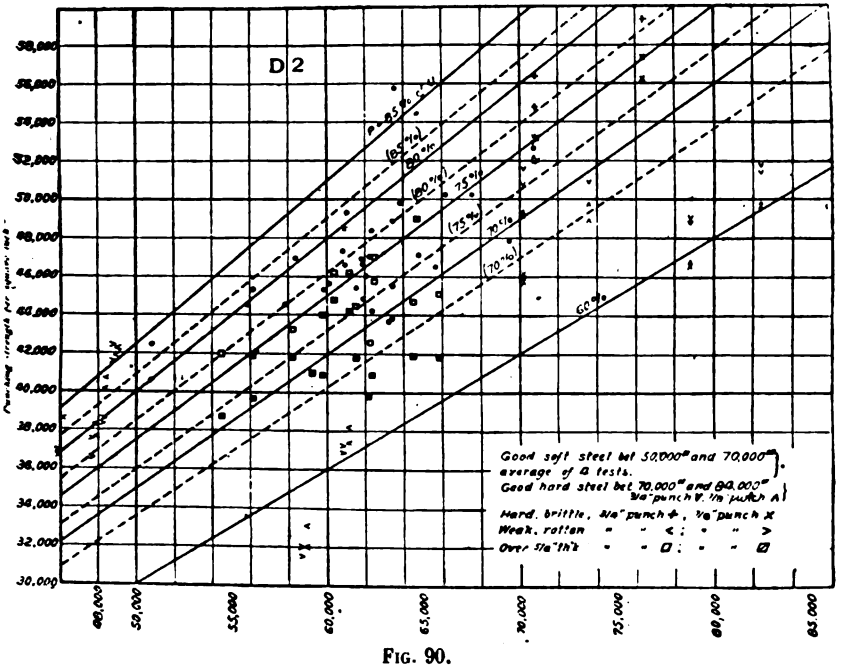


FIG. 90.

FIG. 89 et 90. — Graphiques des essais de MM. Hunt, Condron et Johnson.

Il n'a pas eu le premier cette idée puisqu'à l'usine de Barrow-in-Furness en Lancashire, M. Smith l'Ingénieur de « Barrow hoematite Cie limited » essayait les rails en acier Bessemer en enregistrant la pression maximum exercée par le poinçonnage de chaque trou d'éclisse, ce qui renseignait sur la nature du métal constituant chacun des rails (1).

M. Hunt n'a pas indiqué non plus, par quel dispositif on pourrait relever les diagrammes du travail du poinçonnage et du cisaillement et il n'a pas fait connaître l'interprétation de ce diagramme.

Il a même fait fausse route en tablant sur la surface du diagramme, c'est-à-dire, sur l'aire représentant le *travail*.

Nous avons vu, en effet, que dans le poinçonnage on pouvait, toutes choses égales, d'ailleurs, faire varier le diagramme dans de grandes disproportions presque du simple au double, rien qu'en faisant varier le jeu dans la matrice.

C'est donc dans chaque élément du diagramme qu'il faut rechercher les renseignements nécessaires pour établir la qualité et la valeur du métal.

Un autre ingénieur américain M. Condron a repris cette étude en collaboration de MM. B. Johnson et A. Hunt; et l'an dernier ces ingénieurs firent paraître une note (2) donnant des graphiques de leurs essais *(fig. 89 et 90)* et concluant par l'aveu de leur insuccès, car ils ne purent trouver aucune loi donnant le rapport de la traction au poinçonnage.

C'est là certainement une recherche très délicate exigeant à la fois la connaissance théorique et pratique des qualités diverses des métaux aussi bien que celle des méthodes d'essai au moyen desquelles on peut les évaluer, et la difficulté de dégager une conclusion bien appuyée sur la réalité des faits ressort avec évidence de l'insuccès relatif des nombreuses tentatives qui viennent d'être rappelées.

Je n'aurais pas osé aborder cette étude à mon tour si je n'avais rencontré dans la précieuse collaboration de notre Collègue M. Baclé, le distingué rapporteur de la Section des Métaux de la Commission des Méthodes d'essai des matériaux, le concours dont j'avais besoin pour l'étude théorique de la question. Tous nos collègues connaissent le rapport général qu'il a présenté en colla-

(1) Je dois ces renseignements à l'obligeance de M. Tolmer, Ingénieur aux Chemins de fer de l'Est.

(2) *The Railroad Gazette*, 31 août 1894, page 592.

boration avec M. Debray, ce magistral travail qui a été si hautement apprécié par tous les ingénieurs compétents en France et à l'Étranger.

Ils y ont trouvé, en effet, l'étude d'ensemble de toutes les méthodes d'essai exposée pour la première fois suivant l'enchaînement méthodique qui doit caractériser toujours les productions françaises et présentée en même temps avec une clarté et une élégance de style qui en rendent la lecture particulièrement attrayante.

M. Baclé qui avait pu effectuer ainsi en les discutant l'examen détaillé de toutes les méthodes d'essai était particulièrement à même d'apporter dans notre travail commun les indications nécessaires pour établir le programme des expériences à exécuter, discuter l'interprétation à donner aux résultats obtenus, les conséquences à en tirer et distinguer les questions nouvelles qu'elles font surgir.

Je continue actuellement, avec le concours de M. Baclé, les expériences que nous avons entreprises à ce sujet.

En l'absence d'un laboratoire d'études mécaniques permettant d'élucider, dans les conditions les mieux appropriées, quelques-unes des questions générales si nombreuses encore qui restent obscures ou inconnues dans la science, nous avons rencontré heureusement l'appui des directeurs et ingénieurs de divers grands ateliers qui, avec une bienveillance dont nous ne saurions trop les remercier, nous ont prêté les machines et appareils dont ils pouvaient disposer.

C'est ainsi que, simultanément avec MM. Bouhey et ses ingénieurs, dont j'ai déjà rappelé la bienveillante collaboration, M. Sauvage, l'éminent ingénieur en chef adjoint des Chemins de fer de l'Ouest, a mis à notre disposition, avec le concours des ingénieurs et inspecteurs de l'Atelier des Batignolles, une machine poinçonneuse de cet atelier; il a fait raboter diverses barres expérimentées et effectuer les essais de traction correspondants.

Plus tard, M. le Colonel Leherle, directeur du Laboratoire Central de l'artillerie de marine, accordait aussi un bienveillant appui à ces études d'intérêt général, et nous autorisait à effectuer certaines expériences dans le laboratoire qu'il dirige.

Nous y avons rencontré le concours si autorisé de son savant ingénieur, M. Charpy, qui a déjà de son côté, en s'aidant de ces appareils de précision qu'il manie avec tant de talent, effectué sur les questions intéressant l'industrie et notamment sur la

trempe des aciers, de nombreuses et importantes recherches qui font date dans la science; le concours éclairé qu'il a bien voulu nous accorder nous a été particulièrement précieux.

Nous poursuivons actuellement ces expériences dans le but d'élucider divers points particuliers, et il nous est impossible encore d'en donner un compte rendu détaillé, mais je tiens à donner ici le résumé d'ensemble et à indiquer immédiatement les conclusions qui nous paraissent s'en dégager dès à présent, afin de montrer le grand intérêt qui s'attache à l'application du poinçonnage et même du cisaillement comme méthode d'essai.

Nous nous sommes proposé dans nos recherches (1) de profiter de ces opérations, qui se rencontrent si fréquemment au cours de l'utilisation industrielle des métaux, pour relever en même temps ces diagrammes et rechercher s'il est possible d'en dégager, touchant les propriétés diverses du métal ainsi traité, des indications caractéristiques qu'on obtiendra dès lors sans aucune préparation d'éprouvettes spéciales, dans des conditions de rapidité, d'économie certainement supérieures, et dans des conditions d'exactitude peut-être comparables à celles que peut donner l'essai habituel à la traction.

Nous nous sommes attachés à cet effet à déterminer avec certitude, par des observations poursuivies dans les conditions d'expériences les plus variées, l'interprétation à donner aux divers éléments caractéristiques des diagrammes de poinçonnage et de cisaillement.

Nous avons opéré sur des métaux de nuances de dureté aussi différentes que possible, représentant toute l'étendue de l'échelle des résistances, depuis le cuivre rouge cédant à un effort de 20 *kg* par millimètre carré, jusqu'à l'acier dur supportant sans rupture une charge de 95 *kg*.

En étudiant un échantillon de chacune de ces nuances, nous avons toujours obtenu un diagramme bien déterminé et qui s'est constamment reproduit avec une fidélité invariable lorsque nous avons renouvelé l'expérience en des points divers de la même barre, ou même en opérant avec des machines-outils différentes.

Nous sommes donc fondés à penser que ce diagramme doit être considéré comme caractérisant bien la nuance étudiée et comme possédant, par conséquent, des éléments qui permettent de définir la résistance qu'elle présente.

(1) Communication à l'Académie des Sciences du 18 novembre 1895.

Or, ces éléments ne peuvent pas être recherchés, comme on l'a pensé autrefois, dans le relevé pur et simple de la surface du diagramme donnant cependant la valeur du travail dépensé; car pour le poinçonnage, par exemple, ce diagramme renferme une partie correspondant au travail d'expulsion de la débouchure qui est indépendante par conséquent de l'opération proprement dite et qu'on ne peut pas cependant distraire avec exactitude.

Nous avons observé, au contraire, que l'ordonnée maximum du diagramme fournit une indication rigoureusement proportionnelle à la valeur de l'effort développé, ce qui se comprend d'ailleurs immédiatement, puisqu'elle enregistre la déformation élastique qu'a subie le col de cygne de la machine employée, poinçonneuse ou cisaille, pour fournir cet effort.

Nous avons pu montrer, en effet, que tout d'abord l'ordonnée

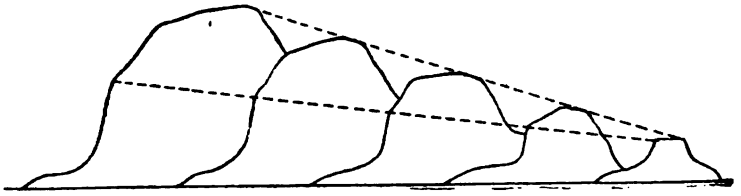


Fig. 91. — **Diagrammes obtenus en poinçonnant successivement une barre d'acier demi-dur, rabotée aux épaisseurs de 25, 20, 15, 10, 5 *mm*.**

obtenue est bien proportionnelle à l'épaisseur de la section à trancher, comme c'est le cas pour l'effort lui-même.

Nous avons fait raboter à cet effet les barres étudiées pour obtenir à la fois les épaisseurs de 5, 10, 15, 20 et 25 *mm*; puis nous avons effectué les expériences de poinçonnage et de cisaillement sur les différentes barres pour chacune de ces épaisseurs.

Le diagramme a donné chaque fois une ordonnée proportionnelle à celle-ci, comme on peut le voir sur la figure 91, qui représente à titre d'exemple, les diagrammes obtenus sur une même barre en métal demi-dur, rabotée aux diverses épaisseurs indiquées.

Si, pour une même épaisseur donnée, nous comparons maintenant les diagrammes obtenus sur l'ensemble des barres préparées, comme il a été indiqué, avec des métaux de nuances de dureté différentes, nous pouvons constater que l'ordonnée maxima correspondant à chacune de ces barres est toujours bien proportion-

nelle à la charge de rupture déterminée d'autre part par l'essai de traction habituel.

Nous avons même pu vérifier ce fait en mesurant numériquement, dans certaines expériences de poinçonnage, l'effort développé par la machine employée, et en le rapprochant de la charge de rupture à l'essai à la traction, et nous avons pu constater entre les deux un rapport qui se maintient sensiblement constant pour toutes les nuances de dureté considérées et qui est toujours voisin de 0,70, la charge de rupture par poinçonnage atteignant ainsi les 7/10 de la rupture par traction calculée pour une surface égale à celle de la section tranchée.

Il nous paraît donc établi par ces expériences que l'ordonnée maximum du diagramme de poinçonnage fournit sur la résistance du métal un renseignement aussi précis que pourrait le donner l'essai à la traction.

Il faut ajouter que les autres éléments du diagramme apportent

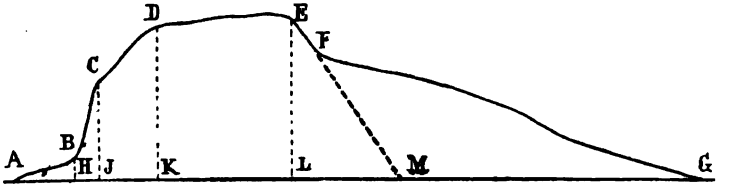


Fig. 92. — Diagramme type du poinçonnage.

de leur côté des indications non moins caractéristiques sur les propriétés de malléabilité du métal étudié; ils permettent ainsi d'en apprécier la nature d'une façon aussi complète que peut le faire le diagramme de l'essai à la traction.

La figure 92, représente le type du diagramme de poinçonnage.

Dans ce diagramme la dureté du métal est accusée par l'inclinaison initiale de la courbe à l'origine de l'effort; le tracé s'élève, en effet, d'une façon d'autant plus brusque, et en se rapprochant mieux de la verticale, que le métal présente plus de raideur; plus loin, dans la partie CD, les valeurs simultanées que prennent l'ordonnée et l'abscisse à la suite de cette période préliminaire, au moment où se produit le changement d'inclinaison, fournissent par leur concours une indication précise de la malléabilité du métal et définissent, en un certain sens, la période élastique de l'opération étudiée, car elles figurent exactement les déformations qu'il est susceptible d'éprouver ainsi que l'intensité de l'ef-

fort qui les provoque avant l'apparition des déchirures élémentaires.

Si l'on considère ensuite la région de la courbe D E qui s'étend jusqu'à l'ordonnée maximum correspondant à l'effort de rupture total, on y voit la représentation de cette période de déchirures élémentaires qui, dans le diagramme de traction, apparaît aussitôt que la limite élastique est dépassée.

L'allongement qu'éprouve le métal au cours de cette période est figuré par l'écartement des deux ordonnées D R et E L qui la limitent, le métal étant évidemment d'autant plus ductile que cet écartement représente une proportion plus élevée de l'épaisseur totale de la section tranchée.

Dans cette partie du diagramme, les métaux les plus ductiles donnent toujours une abscisse supérieure à celle des métaux durs; l'allongement dans le poinçonnage fournit donc à cet égard une donnée aussi précise que l'allongement dans la traction.

La même observation s'applique encore à la mesure de la striction qui se retrouve aussi dans le diagramme de poinçonnage, à condition de prolonger jusqu'à la ligne des abscisses la tangente à la courbe menée au point sommet de l'ordonnée maximum de façon à distraire toute la partie située au delà de cette tangente, laquelle correspond seulement au travail d'expulsion de la débouchure.

Le triangle L E M ainsi déterminé entre l'ordonnée maximum E L et la ligne des abscisses, varie avec la striction et s'accroît en même temps qu'elle; il peut donc en fournir une mesure indirecte, présentant même, à certains égards, une valeur comparable à celle qui se déduit de l'essai de traction.

ANALYSE

DU

RAPPORT DE LA COMMISSION

chargée d'étudier les divers systèmes de traction par l'électricité (1)

PAR

M. G. DUMONT

L'Association Amicale des Ingénieurs Électriciens de Paris a fait hommage à la Société des Ingénieurs Civils de France d'un rapport, rédigé par une Commission spéciale, sur les divers systèmes de traction par l'électricité.

Nous avons été chargé par le Comité de rendre compte de ce travail, qui vient apporter des renseignements nouveaux à ceux déjà fournis sur la même question, par notre Collègue M. E. de Marchena dans une étude insérée au *Bulletin* et couronnée par la Société.

Après un exposé général des divers procédés de traction mécanique et l'indication des avantages et inconvénients des systèmes à vapeur, à air comprimé, à câbles, et électriques actuellement en application définitive ou provisoire, le rapport passe à l'étude détaillée de la traction électrique sur terre et sur eau.

Si les questions purement techniques intéressent surtout les Ingénieurs, ils ne sauraient les séparer des questions commerciales pour lesquelles il est souvent plus difficile d'être exactement renseigné. C'est ce que les auteurs du rapport ont compris : aussi se sont-ils efforcés de mettre en valeur les documents qu'ils ont pu se procurer sur ce point.

En ce qui concerne la traction funiculaire dont il existe à Paris un spécimen établi dans des conditions assez difficiles, car si la longueur ne dépasse pas 2 *km*, en revanche, la différence de niveau est de 61 *m*, les courbes sont nombreuses, et les rampes varient de 60 à 75 *mm* par mètre, le rapport signale le chiffre considérable de 700 000 *f* par kilomètre, pour le prix de premier établissement.

(1) *Bulletin de l'Association Amicale des Ingénieurs-Électriciens* (2e trimestre 1895).

En Angleterre, on est arrivé à des prix beaucoup moindres. Ainsi à Birmingham, le coût de premier établissement a été de 475 000 *f*, et à Londres de 400 000 *f* par kilomètre.

Passant ensuite à la traction électrique, les rapporteurs citent l'exemple d'une ligne en Allemagne où ce mode de traction a remplacé celui par chevaux.

Avec la traction animale la voiture-kilomètre revenait, tous frais compris, à 0,177 *f* et avec la traction électrique à fil aérien, à 0,123 *f* seulement, et cependant le prix d'établissement de la traction électrique a été de 50 0/0 plus élevé que celui de la traction animale.

Il est assez difficile de donner, d'une manière générale, le coût d'établissement d'une ligne à traction électrique, soit par fil aérien, soit par conducteur souterrain, en raison des conditions locales bien différentes dans les divers cas. Aussi le rapport cite-t-il certains exemples, sans en tirer des conclusions positives.

Mettant ensuite en parallèle les frais d'établissement des tramways à accumulateurs électriques et ceux à vapeur du système Serpollet en expérience à Paris, le rapport constate une sérieuse économie en faveur de ces derniers.

Quant aux frais d'exploitation des divers systèmes de traction mécanique, ils sont encore peu connus, et les quelques renseignements recueillis à cet égard ne sont malheureusement pas comparables. Ainsi quelques dépenses comprennent les frais de traction proprement dits, tandis que d'autres ne tiennent pas compte de l'entretien de la voie ni des caisses de voitures. Dans ces conditions, on ne peut fixer de chiffres certains pour la dépense par kilomètre-voiture. Le rapport cite néanmoins quelques chiffres intéressants relativement à la dépense de charbon par kilomètre-voiture, savoir :

Pour la traction électrique par fil aérien, au Havre .	1,7 *kg*
Pour la traction électrique par accumulateurs à Paris (ligne de Saint-Denis à Paris), dans le cas de l'ancienne voiture	2,6
Dans le cas de la nouvelle voiture avec récupération de l'électricité dans les pentes.	1,85
Pour la traction à l'air comprimé dans Paris : Saint-Augustin-Vincennes	11,0
Pour la traction à vapeur, système Serpollet, à Paris. (Dans ce dernier système on brûle du coke.)	2 à 3

A la suite de ces études sur les dépenses de diverses natures, le rapport aborde l'examen détaillé des systèmes actuels de traction électrique au point de vue technique. Il constate que la traction électrique a fait de grands progrès non seulement pour les tramways, mais dans l'industrie des chemins de fer; il examine ces progrès et consacre divers paragraphes à la traction à l'intérieur des villes et dans les montagnes.

En résumé, le travail que nous venons d'analyser très rapidement sera d'une grande utilité à ceux qui s'occupent de traction mécanique, et donne, autant qu'il est possible, la physionomie de cette question toute d'actualité. On ne peut donc qu'adresser des remerciements à ceux qui ont bien voulu s'imposer la tâche difficile de recueillir et de classer de pareils renseignements.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. E.-A. MORANDIERE

PAR

M. E. POLONCEAU

Edouard-Alexis Morandiere, décédé le 4 janvier 1896 était né à Tours, le 16 août 1839. Il entra à l'École Polytechnique en 1858, et, comme élève externe, à l'École des Mines de Paris, en 1860. Admis en 1863 à la Compagnie d'Orléans dans le service de la construction comme secrétaire de son père, l'éminent Directeur des travaux de la construction du réseau Ouest de la Compagnie d'Orléans, il devint Ingénieur de la construction de la ligne d'Auray à Pontivy (31 *km*) ouverte à l'exploitation le 18 décembre 1864 et de la ligne de Bressuire à Niort (75 *km*), ouverte le 28 décembre 1868; ensuite, il fut chargé de divers travaux à la gare de Sceaux (construction d'une gare à marchandises, du dépôt des machines).

Il dirigeait ces travaux lorsque la guerre éclata; le génie militaire s'étant adressé à la Compagnie d'Orléans pour avoir des entrepreneurs pour exécuter des redoutes, la Compagnie d'Orléans désigna M. Édouard Morandiere pour suivre ces travaux et faciliter l'exécution rapide de la construction des redoutes du moulin Saquet et de la plaine de Gennevilliers. M. Morandiere, avec son énergie et sa grande habitude des travaux, rendit les plus grands services au génie militaire. Le général de Chabaud-Latour le proposa pour la croix.

Édouard Morandiere avait été reçu membre de la Société des Ingénieurs Civils de France le 15 avril 1864.

En 1872, le Syndicat des Actionnaires des Chemins de fer Roumains ayant confié la reconstruction de son réseau à la Société autrichienne I.-R.-P. des chemins de fer de l'État, M. Guilloux,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur à la Société autrichienne, fut envoyé comme Directeur général et, en avril 1872, il s'adjoignit comme Directeur central de la construction M. Édouard Morandiere. La tâche était rude : il s'agissait, dans un pays dénué de ressources, de reconstruire 600 *km* de chemins de fer qui étaient dans un état déplorable, de refaire une dizaine de grands ponts métalliques enlevés par les eaux et de construire complètement à neuf, 100 *km* de ligne et un grand pont métallique. Le tout devait être achevé en sept mois, sous peine de déchéance. Nous étions un certain nombre de Français qui avions à cœur de tenir haut et ferme le drapeau de notre patrie, d'arriver et de montrer aux Roumains qu'ils avaient eu raison de s'adresser à nous pour réédifier une œuvre que des Ingénieurs prussiens avaient laissé tomber en ruine.

Si la réussite de cette affaire est l'œuvre du Directeur général Guilloux qui montra là, toutes les hautes qualités qu'il avait comme Ingénieur et comme constructeur, certes la plus grande part du succès revient à Édouard Morandiere qui, par son activité, son coup d'œil, l'appréciation exacte des difficultés, sut de suite reconnaître que c'était en Moldavie que gisaient les grosses difficultés et malgré les critiques, put arriver à terminer tous ses travaux dans les délais voulus. Aussi, lorsque les lignes furent définitivement acceptées par le gouvernement roumain, nous autres Français, qui étions là, nous éprouvâmes un réel bonheur de cette victoire technique remportée sur notre vainqueur d'hier, bien que sur d'autres champs de bataille.

Morandiere resta à Bucharest pour l'achèvement de travaux complémentaires et des règlements de compte jusqu'à la fin de 1873. Rentré en France, il alla, pour une Société financière, faire un voyage d'études à Costa Rica, d'octobre 1875 à mars 1876.

En 1877, il entra aux Chemins de fer de l'État comme Ingénieur et fut chargé des travaux de superstructure, voies et bâtiments de la ligne de Tulle à Clermont-Ferrand.

Il y avait là encore un grand effort à faire. Rien n'était préparé, mais avec son énergie, Morandiere eut bientôt remis tout en activité; le travail fut positivement enlevé.

Le gouvernement reconnaissant les services rendus, Édouard Morandiere, à l'achèvement de ces travaux, reçut la croix de la Légion d'honneur de son camarade de promotion, M. Carnot, alors Ministre des Travaux publics.

De la fin de 1882 jusqu'en 1885, Édouard Morandiere occupa,

en Cochinchine, les fonctions d'Ingénieur de la Compagnie des Chemins de fer garantis des Colonies, ligne de Saïgon à Mytho. Dans ce pays sans voies de communication, la tâche était difficile. Cette ligne, à voie de 1 *m*, devait être établie sur la route, mais cette route n'était pas terminée; les ponts existaient bien, mais comme ils n'avaient pas été établis en vue d'y faire passer un chemin de fer, il fallut les refaire. Dans ces contrées lointaines, au climat meurtrier, les choses les plus simples sont souvent fort difficiles à accomplir. Morandiere parvint néanmoins à tout terminer. Il rentrait en France en 1885, mais il revenait très éprouvé par son séjour de près de trois années en Cochinchine.

Il entra alors, en 1887, aux Chemins de fer du Sud de la France, comme Directeur adjoint de la Compagnie, chargé de la construction et de la voie, en résidence à Draguignan, et acheva plusieurs lignes; mais, en 1890, après avoir terminé toutes les études, tous les projets de la ligne de Digne à Nice, au moment de l'adjudication, les fonctions de Sous-Directeur chargé de la construction furent supprimées.

En 1890, il fut chargé d'une mission spéciale en Grèce relative à l'achèvement du percement de l'Isthme de Corinthe.

Enfin, en 1893, il fit un voyage d'exploration pour un avant-projet de chemins de fer en Arménie. Surpris à 2 000 *m* par les neiges, il eut une jambe gelée, et, malheureusement, ne prit pas, tout de suite, les précautions nécessaires. Il devait payer cher cet oubli, car ce sont les suites de ce triste événement qui, quelques années après, ont contribué à l'enlever à l'affection des siens et de ses amis.

Édouard Morandiere, outre une très grande intelligence, avait un caractère charmant: toujours de bonne humeur, confiant dans l'avenir, et ne se laissant jamais abattre par les difficultés, il était naturellement aimable et simple, et prenait même plaisir à reporter sur ses collaborateurs tous les succès qu'il obtenait; pensant peu à lui-même et beaucoup à eux, il mettait une certaine insouciance, je dirai peut-être une certaine vanité à se mettre de côté, ce dont beaucoup ont profité. Dans ces temps où l'envie a tant d'adeptes, Morandiere sut n'avoir jamais d'envie pour personne et par l'aménité de son caractère, il sut se concilier l'affection de tous ceux qui l'ont connu, ce qui explique pourquoi sa perte a été si pénible pour tous les siens, et pour ses amis et Collègues.

CHRONIQUE

N° 193

SOMMAIRE. — Les voitures automobiles. — Concours de voitures automobiles en Angleterre. — Température du sol à de grandes profondeurs. — Les accumulateurs d'électricité et les moteurs à gaz. — La découverte du professeur Rœntgen. — Le train le plus rapide du monde. — Les voiles en papier.

Les voitures automobiles. — Les progrès réalisés dans ces derniers temps en France, dans la question des voitures automobiles, n'ont pas laissé les Anglais indifférents, et on s'en occupe activement de l'autre côté de la Manche. Le sujet est à l'ordre du jour jusque dans les sociétés savantes, si on en juge par les nombreuses conférences qui ont déjà eu lieu à ce propos. Une des plus remarquables est celle qu'a faite, en décembre dernier, devant la *Society of Arts*, M. W. Worby Beaumont.

Nous laisserons de côté la partie historique, qui a un développement très considérable, et dont l'intérêt est ici un peu secondaire pour nous attacher aux conclusions par lesquelles l'auteur a terminé son étude.

On sait qu'en Angleterre le développement de la traction mécanique sur routes, qui promettait de très bons résultats par les essais tentés avant 1830, fut arrêté net par les charges fiscales qui frappèrent les voitures automobiles, dans le but probablement de favoriser l'extension des chemins de fer, alors à leur début. On peut juger de l'énormité de ces taxes par les chiffres ci-dessous, donnant le montant à payer en 1831 pour certains parcours par les voitures à chevaux et les voitures à vapeur:

	Voitures à chevaux.	Voitures à vapeur.
	—	—
Liverpool-Prescot	5 » *f*	60 » *f*
Bathgate-road	6,25	33,75
Ashburnam-Totnes	3,75	50 »
Teignmouth-Dawlish	2,50	15 »

Les conclusions d'une commission parlementaire, nommée en 1831 pour étudier la question des voitures automotrices, avait pourtant été très nettement en faveur de celles-ci. En voici le résumé :

1° Les voitures peuvent être mues, sur les routes, par la vapeur, à raison de 16 *km* à l'heure;

2° A cette vitesse, elles peuvent transporter un nombre de voyageurs supérieur à quatorze.

3° Le poids, y compris moteur, combustible, eau et personnel, peut être inférieur à 3 *t*;

4° Ces voitures peuvent monter et descendre des inclinaisons considérables avec facilité et sécurité ;

5° Ces voitures n'offrent aucun danger pour les voyageurs;

6° Elles ne présentent (si elles sont bien établies) aucune cause d'incommodité pour le public ;

7° Elles constituent un moyen de transport plus rapide et plus économique que les voitures attelées de chevaux ;

8° La plus grande largeur des jantes des roues et l'absence du choc des pieds des chevaux font qu'elles usent moins les routes que les voitures ordinaires ;

9° Les taxes de circulation imposées à ces voitures sont de nature à en prohiber entièrement l'emploi sur les routes, si ces taxes sont maintenues.

Malgré ces conclusions si favorables, on ne put obtenir la modification des taxes qui paralysèrent complètement le développement des voitures automobiles, malgré les tentatives qui furent faites de temps en temps.

Actuellement encore, la situation est telle qu'il est parfaitement inutile de chercher à construire des appareils dont les lois en vigueur ne permettent pas l'usage, alors qu'un homme qui monterait un tricycle actionné par un moteur électrique serait sous le coup de la même réglementation qu'une locomotive routière de 10 *t* (1).

Aussi, la première chose à faire est-elle d'obtenir la modification des règlements en vigueur, et c'est dans ce sens que se dirigent les efforts tentés de divers côtés, et notamment par la *Self-propelled Traffic Association*, sous la direction de Sir David Salomon. Diverses villes, entre autres Birmingham, se proposent de présenter des pétitions au Parlement dans cet ordre d'idées.

L'examen des diverses tentatives réalisées dès l'origine jusqu'à ces derniers temps, indique, à peu d'exceptions près, l'emploi de véhicules assez lourds et de générateurs pesants, avec des pressions assez modérées. Sauf Perkins, on n'a pas employé les pressions élevées, qui auraient permis l'emploi de moteurs légers. L'attention s'est plutôt portée du côté des moteurs à explosion ou combustion intérieure. Les essais de Paris ont présenté beaucoup de moteurs à gazoline, et, bien qu'aucun accident ne soit arrivé jusqu'ici avec l'emploi de cette substance, il est probable qu'en Angleterre son usage ne serait pas accueilli avec faveur.

On peut se demander si la machine à air chaud à haute pression, à combustion intérieure, ne fournirait pas une solution avantageuse du problème de la locomotive sur route ; le point de départ serait la machine de Stirling, modifiée par l'emploi de la combustion intérieure de l'huile au lieu du chauffage extérieur employé par Stirling. On est aujourd'hui assez familiarisé avec l'usage du combustible liquide pour pouvoir, avec

(1) Les journaux anglais rapportent que, le 22 janvier de cette année, une personne a comparu devant le tribunal de police de Glasgow pour avoir circulé avec une voiture sans chevaux dans des rues de la ville interdites à la circulation des locomotives, ce qui constitue une contravention à un Acte de 1878, punie d'une amende de 125 *f* ou d'un mois d'emprisonnement.

Le prévenu a allégué que son véhicule n'était pas une locomotive, que c'était une voiture à quatre roues pesant 500 *kg* et mue par un moteur à pétrole ne produisant ni fumée, ni échappement visible et fonctionnant presque sans bruit.

Le magistrat, lié par le texte de la loi, n'a pu faire autrement que d'appliquer celle-ci, mais il l'a fait avec la plus grande modération en condamnant le contrevenant à 3 *f* d'amende et aux frais.

l'aide des modes d'allumage usités couramment dans les moteurs à gaz et à pétrole, aborder avec chance de succès un ordre d'idées qui semble avoir été laissé de côté jusqu'ici.

D'une manière générale, on peut se demander quels sont les besoins auxquels répond l'emploi des voitures automobiles et à quelle clientèle ces véhicules s'adressent. Cette question est de première importance, parce que d'elle dépendent la plupart des dispositions mécaniques à adopter dans ces véhicules. Une voiture qui exigera un mécanicien de profession pour la conduire et une pour laquelle suffira un homme simplement intelligent, comme les jardiniers à qui on confie généralement, dans les maisons de campagne, le soin d'un moteur à gaz actionnant une dynamo, constituent deux choses différentes dont la distance peut être caractérisée par celle qui sépare les lourds véhicules construits il y a quarante ans, dont la conduite exigeait un mécanicien et un chauffeur, et les légères voitures à gazoline qu'on fait aujourd'hui en France. Un véhicule pour service de marchandises ou pour le transport en commun, n'aura pas les mêmes dispositions qu'une voiture destinée à l'usage d'un particulier.

Un autre point à considérer est la vitesse. On a généralement été, de tout temps, porté à chercher à donner aux voitures automobiles une vitesse exagérée. Pour la locomotion sur routes une vitesse considérable ne présente aucun intérêt ; d'abord, elle est inutile ; ensuite, elle nécessite l'emploi de moteurs trop puissants et de dispositions compliquées, et enfin elle est dangereuse et ne serait point tolérée.

L'emploi de changements de vitesse, pour répondre aux profils différents, est une complication ; cependant, on peut conseiller d'avoir deux vitesses, une pour courir à niveau, l'autre pour monter les côtes au pas, comme font les chevaux. Si on se dispense de l'emploi d'une double transmission, il faut y substituer une réserve de puissance qui entraînera une augmentation de poids préjudiciable. Or, le problème consiste à faire des voitures légères, peu compliquées et relativement peu coûteuses. On l'a déjà résolu d'une manière satisfaisante en France et en Allemagne, bien que, dans beaucoup de cas, les résultats obtenus ne paraissent pas sortir beaucoup de la période expérimentale.

Le moteur de l'avenir, pour les voitures automobiles, sera-t-il la vapeur, le pétrole ou l'électricité ?

Bien que le combustible liquide semble avoir beaucoup de succès en ce moment, bien des personnes croient toujours à la suprématie de la vapeur, à condition, toutefois, que celle-ci s'applique sous des formes simplifiées, surtout pour les générateurs. La vapeur devra être produite plus ou moins instantanément, comme dans les chaudières du type Serpollet, avec peu ou point d'eau dans les générateurs et sans nécessité de surveillance continuelle, ou avec des dispositions d'alimentation automatique remplissant le même but. A ces conditions, la machine à vapeur reprend toute sa supériorité, qui réside dans sa facilité de mise en marche et d'arrêt et sa grande élasticité, et il ne sera peut-être pas impossible d'arriver à une bonne disposition de machine rotative, sinon même à l'emploi de la turbine à vapeur, ce qui permettra de réaliser un faible poids et l'absence de vibrations. La grosse difficulté, peut-être la

seule, dans le cas de la turbine à vapeur, est la nécessité de la transmission retardatrice.

On sait que les machines réussissent surtout par les détails, mais quand on voit ce que les fabricants de cycles ont su faire en peu d'années, pour amener ces appareils à leur état actuel de perfection, on peut s'en rapporter au génie des constructeurs pour résoudre les questions de détails. L'auteur est donc persuadé que, si ses compatriotes se sont, sous l'action de certaines circonstances particulières, laissés devancer dans la question de la locomotion mécanique sur routes par les Français et les Allemands, ils ne tarderont pas à regagner le rang que leur assignaient les travaux si remarquables faits, il y a déjà soixante ans, par des pionniers qui avaient prouvé alors par des essais prolongés que la traction mécanique sur routes était réalisable et même rémunératrice.

Concours de voitures automobiles en Angleterre. — Nous croyons devoir donner comme complément à l'article précédent les renseignements qui suivent relativement à un concours sur la question des voitures automobiles ouvert par le journal anglais *Engineer*. Le programme de ce concours a été donné dans le numéro du 22 novembre dernier de ce journal.

Nous pensons être utile à plusieurs de nos collègues en reproduisant ce document, et il est intéressant pour notre Société de savoir qu'un des trois membres du jury fait partie d'elle depuis vingt ans. Il s'agit ici de Sir Frederick Bramwell, baronnet, Ingénieur distingué qui a occupé des positions éminentes à la tête des grandes sociétés scientifiques anglaises.

Le jury chargé d'examiner les véhicules présentés au concours et de décerner les récompenses se composera de Sir Frederick Bramwell, membre de la Société Royale, etc., de M. John A.-F. Aspinall, chef du département mécanique du Lancashire and Yorkshire Ry, et du Dr John Hopkinson, membre de la Société Royale, etc.

Le concours sera international.

Les véhicules admis à concourir se diviseront en quatre classes.

A. Il sera attribué un prix de 350 guinées (9 100 *f*) au meilleur véhicule à propulsion mécanique pouvant porter quatre personnes au moins et ne pesant pas, en service, plus de 2 *t* (de 1 015 *kg*).

B. Il sera attribué 250 guinées (6 500 *f*) au meilleur véhicule pouvant porter de 1 à 3 personnes et ne pesant pas plus de 1 tonne en service.

C. Il sera attribué 250 guinées au meilleur véhicule pouvant porter 1 tonne de marchandises ou paquets et ne pesant pas plus de 2 tonnes en service.

D. Il sera attribué 150 guinées (3 900 *f*) au meilleur véhicule pouvant porter 250 *kg* de marchandises ou paquets et ne pesant pas plus de 1 *t* en service.

Le jury pourra partager les prix au cas où il se trouverait des concurrents d'égal mérite.

Tout mode de propulsion autre que la force musculaire, pourra être employé à condition qu'il s'exerce à l'intérieur du véhicule. Les huiles

ou liquides employés pour la production de mélanges explosifs, de vapeur ou comme combustible, ne devront pas avoir une densité inférieure à 0,8 et un point d'inflammation inférieur à 73° F. (23° C.) mesuré par la méthode Abel.

Les essais consisteront en un parcours d'au moins 100 milles (161 *km*) pour l'aller et autant pour le retour, soit 200 milles (322 *km*) à faire sur un parcours à déterminer ultérieurement.

Après l'achèvement du parcours ci-dessus indiqué, les véhicules pourront être soumis à telles ou telles épreuves et parcours supplémentaires que le jury pourra trouver nécessaires.

Comme la réalisation de vitesses considérables n'est pas le but recherché, il ne sera pas tenu compte des vitesses supérieures à 10 milles à l'heure (16,10 *km*). Cette vitesse est considérée comme suffisante en pratique et une lutte de vitesse entre concurrents présenterait des inconvénients.

Les concurrents marcheront à la vitesse qui leur conviendra, iront jour et nuit, ou feront des arrêts à leur convenance. Comme il vient d'être dit, les vitesses supérieures à 10 milles à l'heure ne seront pas comptées à leur avantage, c'est-à-dire que deux véhicules faisant le parcours de 200 milles, l'un, par exemple, en 20 heures et l'autre en 18, seront placés au même rang (toutes choses égales d'ailleurs) au point de vue de la vitesse.

Tout constructeur, vendeur ou inventeur de véhicules automatiques peut concourir. Chaque véhicule ne peut être présenté que par une individualité. Ainsi les sociétés, corporations ou associations, ayant pour objet la construction, la vente ou l'invention de voitures automobiles, ne pourront compter que pour une personne.

Il est à remarquer que la limite de 2 tonnes pour le poids des véhicules les plus lourds est celle qui a été fixée dans le bill présenté par M. Shaw Lefèvre, dans la dernière session du Parlement; c'est pour cela qu'on l'a adoptée ici. Le concours pourra difficilement avoir lieu avant le mois d'octobre 1896; les concurrents auront eu ainsi dix mois pleins pour réaliser leurs véhicules et les essayer.

On devra s'adresser pour inscription et renseignements à l'éditeur du journal *Engineer*, Norfolk Street, Strand, London W. C. par lettres portant sur l'enveloppe *Road Carriages*, soit concours pour voitures mécaniques.

Température du sol à de grandes profondeurs. — Nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de citer des observations relatives à l'accroissement de la température par rapport à la profondeur.

Le professeur Agassiz a publié dans l'*American Journal of Science* une première partie de ses expériences faites sur ce sujet avec le concours de M. Preston C. F. West pendant les travaux d'approfondissement des mines de Calumet and Hecla.

Ces travaux sont actuellement à la profondeur de 1 437 *m* au-dessous du niveau du sol. On a observé les températures de la roche aux points suivants : à 22 *m* au-dessous du sol, à 199,80 *m*, ce qui correspond au niveau du Lac Supérieur, à 388,40 *m*, niveau de la mer, à 507 *m* alti-

tude de la plus grande profondeur du Lac Supérieur, et enfin à quatre points situés au-dessous de ce dernier et dont le plus bas est à 1 397 *m* à partir du sol.

On compte pousser les travaux jusqu'à 1 495 *m* (4 900 pieds) de profondeur. Ce n'est qu'alors que les observations seront terminées. Néanmoins il a paru utile de publier celles qui ont été faites jusqu'ici et qui présentent un très grand intérêt.

La température trouvée à la plus grande profondeur, 1 397 *m* est seulement de 79° F, soit 26° C alors qu'à 32 *m* on a constaté 59° F ou 15° C. La différence de température correspondant à une hauteur de rocher de 1 369 *m* serait donc seulement de 11° C, ce qui représente un accroissement de un degré pour 144 *m*.

Ces chiffres sont très différents de ceux qui résultent des observations précédentes. Ainsi lord Kelvin indique un accroissement de 1° F pour 51 pieds, soit 1° C pour 28,20 *m*. Les observations faites pendant les travaux de percement du tunnel du Gothard, ont donné un accroissement de 1° C pour 33,40 *m*, chiffre qui se rapproche du précédent. Les calculs basés sur ces derniers chiffres donneraient pour l'épaisseur de la croûte terrestre une épaisseur approximative de 32 et 42 *km*, tandis que les observations américaines conduiraient à une épaisseur de 129 *km*.

Si on prend l'épaisseur correspondant à la température critique de l'eau, on trouverait respectivement 11,3 — 13,7 et 50 *km*.

Enfin la température à la profondeur de 30 *km* serait d'après les observations américaines de 243° F, tandis qu'avec les données ordinaires elle devrait s'élever à près de 1 000° C.

Dans les observations de M. Agassiz, les trous dans lesquels étaient placés les thermomètres enregistreurs de Negretti et Zambra avaient une profondeur de 3 *m* environ et étaient percés avec une légère inclinaison ; après l'introduction des instruments, ils étaient bouchés avec des tampons de bois lutés avec de l'argile. Les thermomètres étaient laissés pendant une période variant de 1 à 3 mois. La température de l'air a été en moyenne pendant les observations de 8,9° C à la surface et de 22,2 C au fond du puits.

Les accumulateurs d'électricité et les moteurs à gaz. — Dans les stations centrales pour éclairage électrique où la dépense d'électricité est très variable suivant les heures de la journée, on est quelquefois conduit à établir comme réserve, pour parer à l'excès de consommation, des batteries d'accumulateurs que le moteur charge pendant les périodes de faible dépense et qui restituent l'énergie accumulée lorsque le besoin s'en fait sentir.

Ces accumulateurs ont l'inconvénient de coûter cher, d'occuper de la place et d'avoir des frais d'entretien élevés.

Dans un mémoire lu devant *l'American Institute of Electrical Engineers*, M. Nelson W. Perry émet l'avis qu'il est beaucoup plus avantageux d'employer comme réserve un moteur à gaz, qu'on peut mettre en route à peu près instantanément au moment où on en a besoin, si on emploie le gaz d'éclairage ordinaire. Des essais faits par l'auteur sur un moteur de 12 *ch*, travaillant à toutes les puissances entre 1 et 12 *ch* lui ont fait

voir que les consommations courantes de gaz étaient de 1 350 *l* par cheval pour 1 *ch*, de 590 par cheval pour 4 *ch*, de 500 pour 8 et enfin de 450 *l* par cheval pour 12 *ch*.

Si on emploie du gaz pauvre produit à cet effet dans un gazogène, les résultats seront encore plus avantageux.

Le coût d'établissement des gazogènes peut être estimé à 59 *f* par cheval, ce qui est très inférieur au prix d'installation d'une chaudière. Quant à l'espace occupé, on peut s'en faire une idée d'après les indications de M. J. Emerson Dowson, qui donne pour l'emplacement du matériel de production de gaz destiné à une installation de 400 kilos-watts de capacité 5,1 *m* × 16 *m*, sans compter le gazomètre qu'on peut placer au-dessus de la chambre des machines. Le prix de ce matériel, y compris montage, fondations, etc., serait de 28 000 *f*, soit 52 *f* par cheval.

Ces gazogènes peuvent employer avantageusement les combustibles les plus pauvres; avec les meilleures qualités d'anthracite, ils produisent par tonne environ 4 500 m^3 de gaz d'un pouvoir calorifique égal au quart d'un gaz d'éclairage donnant 16 bougies.

La question du maintien au repos d'un gazogène qui joue un rôle important ici a été élucidée dans de nombreux cas. On peut citer le suivant. A Openshaw, un gazogène alimentant une force motrice de 250 à 300 *ch* a été arrêté pendant 41 heures, la consommation pendant cette période a été de 1,80 *kg* par heure. Ce chiffre représente le dixième de la perte qu'éprouveraient des chaudières à vapeur de même puissance dans des conditions identiques.

Un cas qui se présente assez fréquemment, est celui de stations secondaires contenant des accumulateurs chargés par la station centrale pendant la journée et utilisant dans la soirée l'énergie accumulée. On peut démontrer que le gaz peut être envoyé à ces stations secondaires plus économiquement que le courant électrique. M. Denny Lowe a indiqué dans *l'Electrician*, 9 octobre 1891, que le gaz nécessaire pour 3 000 *ch* peut être envoyé à 1 600 *m* avec une perte de charge représentant 1 *ch*, soit 3,3 dix-millièmes, dans une conduite de section convenable. Les recherches de l'auteur lui permettent d'affirmer qu'un tuyau de 0,15 *m* de diamètre peut débiter par heure 168 m^3 de gaz sous une charge de 0,10 *m* d'eau à la distance de 3 200 *m*.

Avec une dépense de 700 *l* de gaz par cheval et par heure, ce débit correspondrait à 240 *ch*.

Une conduite en fonte de 0,15 *m* de diamètre et 12,5 *mm* d'épaisseur pèse 47,3 *kg* le mètre courant. Le poids total, pour 3 200 *m*, serait donc de 151 360 *kg*.

L'auteur estime par un calcul dont nous ne donnons pas ici le développement que, pour transmettre la même quantité d'énergie avec une tension de 220 volts, il faudrait employer cinq fils de cuivre du n° 000 B et S, dont le poids serait 24 240 *kg*. Si on élevait la tension à 1 000 volts, il faudrait 180 ampères et, pour la débiter à la même distance avec une perte de 10 0/0, le poids des conducteurs en cuivre atteindrait 28 400 *kg*. Il est évident que la dépense des conducteurs serait beaucoup plus élevée qu'avec le gaz et que la perte d'énergie serait plus considérable. Il y a donc là un champ d'action très important en faveur

du moteur à gaz qui est encore, d'ailleurs, très loin de jouer dans les questions d'éclairage électrique aux États-Unis, le rôle qu'il a su s'attribuer en Europe.

La découverte du professeur Rœntgen. — Pendant que la question a encore un certain degré de nouveauté (1), nous croyons devoir appeler l'attention de nos Collègues sur la découverte faite par le Dr W. Rœntgen, professeur à l'Université royale de Wurzbourg, d'une nouvelle espèce de rayons lumineux, invisibles à l'œil, mais sensibles pour les corps fluorescents et les substances photographiques et qui ont la singulière propriété de traverser les corps opaques pour les autres rayons.

Ce que nous avons trouvé de plus clair à ce sujet est un résumé donné dans le bulletin scientifique du *Journal de Genève*, de la communication provisoire faite par M. Rœntgen devant la Société de physique et de médecine de Wurzbourg et qui donne les renseignements suivants, suffisamment intelligibles pour le public cultivé et que font comprendre le principe de la découverte.

Si l'on fait passer à travers un tube vide de Hittorf, un tube, suffisamment vide d'air, de Lenard ou de Crooke, ou un appareil analogue, les décharges d'une grosse bobine de Ruhmkorf, et que l'on couvre le tube d'un manteau de carton mince et noir, on voit un écran de papier, placé dans le voisinage de l'appareil dans une obscurité complète et enduit de cyanure de baryum et de platine, briller vivement et devenir fluorescent à chaque décharge, que le côté enduit ou l'autre côté de l'écran soit tourné vers l'appareil. La fluorescence se remarque encore à un éloignement de 2 *m* entre l'écran et l'appareil. On reconnaît facilement que la fluorescence est provoquée par l'appareil de décharge et non pas par quelque autre place du conducteur électrique.

Ce qui frappe immédiatement dans ce phénomène, c'est qu'il existe un agent qui passe à travers le carton noir, impénétrable aux rayons visibles ou ultra-violets du spectre et qui est capable de provoquer une vive fluorescence. On est conduit, par conséquent, à se demander s'il n'existe pas d'autres corps pénétrables par cet agent.

On trouve bientôt que tous les corps sont transparents pour lui, mais à des degrés très divers.

Le papier l'est beaucoup. M. Rœntgen a vu l'écran fluorescent briller encore sensiblement alors qu'un volume de mille pages ou un jeu de cartes était interposé entre lui et la lumière. Des blocs de bois épais sont encore transparents ; des planches de bois de sapin de 2 ou 3 *cm* n'absorbent qu'une très faible partie des nouveaux rayons. Une plaque d'aluminium d'environ 15 *mm* a diminué sensiblement la fluorescence, mais sans la faire disparaître complètement. Des plaques de caoutchouc durci, épaisses de plusieurs centimètres, laissent encore passer des rayons. Les lames de verre se comportent différemment, selon qu'elles contiennent ou non du plomb. Si l'on tient la main entre l'appareil de décharge électrique et l'écran, on voit l'ombre des os se détacher en

(1) Cette note a été remise à l'imprimerie le 29 janvier.

sombre sur l'ombre beaucoup moins accentuée de la main, etc. D'une manière générale, la transparence, à égalité d'épaisseur, dépend surtout de la densité des corps, mais aussi d'autres circonstances. Ainsi, le spath calcaire est beaucoup moins transparent que le verre, l'aluminium et le quartz, bien que de densité à peu près égale.

La seule action des nouveaux rayons (rayons X) n'est pas de rendre fluorescents le cyanure de baryum et de platine. D'autres corps deviennent également fluorescents lorsqu'ils en sont frappés ; ainsi, les combinaisons de calcaires connues comme phosphorescentes, le verre, le spath calcaire, le sel de roche, etc.

Les plaques photographiques sèches sont sensibles aux rayons X, ce qui permet de fixer beaucoup de phénomènes et d'écarter les chances d'erreurs. Ces rayons traversent presque sans obstacle le bois, le papier, les feuilles minces d'étain ; on peut en obtenir des épreuves, dans une chambre éclairée, sur des plaques photographiques placées dans une cassette d'une de ces substances, ou dans une enveloppe de papier. Il n'est pas encore certain que l'action chimique sur les sels d'argent de la plaque photographique soit produite directement par les rayons X. Il est possible qu'elle résulte de la fluorescence qui se produit dans la plaque de verre ou la couche de gélatine.

La rétine de l'œil est absolument insensible aux nouveaux rayons.

L'une des propriétés les plus caractéristiques de ceux-ci est qu'ils ne se réfractent pas en passant d'un milieu dans un autre.

L'interposition d'une lentille ou d'un prisme n'exerce donc aucune action sur eux. De même, aucune des substances sur lesquelles on a expérimenté n'a donné de phénomènes appréciables de réflexion proprement dite. De l'absence de réfraction, on peut conclure que les rayons X se meuvent avec la même rapidité à travers tous les corps, ou plutôt à travers un milieu homogène, présent partout et qui entoure les molécules des corps.

Il se forme régulièrement des ombres sur l'écran fluorescent ou sur la plaque photographique, toutes les fois qu'on interpose entre eux et l'appareil des corps de transparence inégale. L'épaisseur diminuant la transparence, les reliefs deviennent sensibles. C'est ainsi que M. Rœntgen a obtenu des épreuves photographiques des ombres des profils de la porte séparant deux chambres, dans l'une desquelles se trouvait l'appareil électrique, dans l'autre la plaque photographique; il a photographié également les ombres des os de la main, celles de divers objets enfermés dans des cassettes, d'une boussole où l'aiguille aimantée était entièrement entourée d'une enveloppe métallique, d'un morceau de métal dont la non-homogénéité a été révélée par les rayons X.

Comme on le voit, il ne s'agit pas de photographies proprement dites, en ce sens que ce ne sont pas des rayons réfléchis par les objets qui impressionnent la surface sensibilisée, mais les rayons émanés directement du foyer lumineux. Les objets interposés font ombre et se détachent par conséquent en clair sur la plaque noircie par l'action des rayons.

Diverses expériences paraissent enfin établir que les rayons X ne sont ni des rayons ultra-violets, ni des rayons cathodiques. L'hypothèse de

l'inventeur est, qu'ils devraient être attribués à des oscillations longitudinales de l'éther.

Le même journal a donné, quelques jours après, le résumé d'une communication faite à la Société des Arts le 3 février par M. Soret, professeur à l'Université, où nous trouvons quelques détails intéressants sur la manière de réaliser les expériences dont il vient d'être question.

La principale, ou plutôt la seule difficulté, provient de ce que les divers tubes de Crookes donnent des résultats très inégaux et très variables et de ce qu'ils sont sujets à se détériorer très facilement pendant la durée d'une expérience un peu longue. Parmi les tubes que possède le cabinet de physique de l'Université, un seul a donné une fluorescence sensible du platinocyanure, une photographie d'une main, à peine visible avec quinze minutes de pose, et d'un porte-monnaie assez nette avec quarante-cinq minutes, tandis qu'un autre tube, appartenant à M. le professeur Dufour, le seul d'ailleurs qui lui restât il y a quelques jours, a donné un cliché notablement supérieur en cinq minutes seulement, bien que les conditions de fluorescence pour le même tube fussent plutôt un peu moins bonnes.

On diminue le danger de rupture des tubes par l'adjonction de bobines de Tesla; les courants oscillatoires très rapides développés dans cet instrument donnent des rayons cathodiques très intenses, sans échauffer les électrodes.

Avec ce dispositif, il n'est pas nécessaire que les deux électrodes soient contenues dans le tube. On obtient des effets de fluorescence et de photographie Roentgen, faibles, il est vrai, mais bien nets, en remplaçant le tube de Crookes par une simple lampe à incandescence dont le conducteur est lié à l'un des pôles du Tesla, tandis que l'autre pôle est fixé vis-à-vis de l'ampoule de la lampe, à quelques centimètres de distance. Certaines lampes se remplissent des rayons cathodiques et sont assez actives.

Il est donc probable que le phénomène découvert par M. Roentgen a un assez grand degré de généralité et il sera intéressant de connaître le mémoire détaillé qu'il annonce.

Le train le plus rapide du monde. — Les journaux américains revendiquent comme le train le plus rapide du monde l'Empire State express, du New-York Central and Hudson River Railroad. Nous avons déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler de ce train qui, depuis plus de quatre ans, effectuait le trajet quotidien entre New-York et Buffalo, distance 708 *km*, en huit heures et quarante minutes, y compris quatre arrêts et vingt-huit ralentissements.

Depuis le 4 décembre dernier, la durée du parcours a été réduite à huit heures et quinze minutes, soit quatre cent quatre-vingt-quinze minutes, ce qui donne, pour ce train, une vitesse moyenne commerciale de 85,8 *km* à l'heure sur 700 *km*. On compte même sur une nouvelle réduction de temps dans un avenir prochain.

Il est bon de faire observer que ces vitesses sont réalisées d'une manière absolument courante et quotidiennement, et non à titre expérimental.

Les voiles en papier. — Aux très nombreuses applications qu'a déjà reçues le papier, on peut ajouter son emploi pour les voiles de navires.

D'après le *Handels Museum*, les voiles en papier sont déjà en usage aux États-Unis, sur une échelle considérable, pour les yachts et navires analogues, et même pour de plus grands. Elles sont plus économiques que les voiles en toile et peuvent être rendues à peu près inusables.

Pour la fabrication, on ajoute à la pâte à papier du bichromate de potasse, de la glu, de l'alun, du silicate alcalin et de la graisse ; on passe cette pâte à la machine et on en obtient une feuille d'une certaine épaisseur. On superpose deux feuilles de ce papier avant dessiccation et on les fait passer, entre des rouleaux, sous une très forte pression ; on a ainsi un papier mince et très résistant. On le traite alors par une dissolution d'acide sulfurique, qui convertit la surface en une sorte de parchemin. On lave avec une solution de soude, on sèche et on lisse. Pour faire les voiles, on colle les lés ensemble avec une pâte analogue à celle qui entre dans la composition du papier. La bordure de la voile est formée par l'insertion d'une corde dans un pli du papier rabattu et collé sur le corps.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1895.

Rapport de M. MASCART sur le **thermomètre et l'hygromètre** de M. CORET.

Le principe de ces appareils, qui ne sont d'ailleurs pas encore réalisés, consiste à résoudre, pour ainsi dire, le problème inverse de celui des pendules compensateurs. Pour la température, des tubes concentriques, formés de deux espèces de métaux, sont disposés de manière que la différence des dilatations des groupes consécutifs s'ajoute successivement et permettent à la tige centrale de fournir une indication amplifiée. Pour l'état hygrométrique, un des systèmes de tubes est formé d'une matière extensible par absorption de l'humidité atmosphérique, et dont la dilatation thermique est compensée par celle de tubes métalliques alternés. L'indication est alors due entièrement à l'extension hygrométrique et reste indépendante de la température.

Rapport de M. A. JORDAN sur le livre intitulé **Manuel théorique et pratique de la métallurgie du fer**, par A. LEDEBUR, traduction de MM. DE LANGLADE et VALTON.

Nous nous bornerons à signaler que M. Jordan, juge compétent s'il en est, constate que cet ouvrage de M. A. Ledebur, conseiller des Mines et professeur de l'Académie royale des Mines de Freyberg, connu par divers travaux très estimés, est non seulement le plus récemment publié qui donne un tableau complet de la métallurgie moderne, mais encore le manuel théorique et pratique le plus instructif, le plus didactique qui ait encore été écrit sur cette branche importante de l'industrie.

Nos collègues pourront d'ailleurs consulter, au sujet du même ouvrage, l'excellent compte rendu qui en a été fait par M. H. Rémaury, dans la séance de notre Société du 6 décembre dernier.

Note sur l'**organisation d'un service de transport des dépêches** entre l'hôtel des postes et les gares des grands réseaux, par M. H. ROUART.

Le point de départ de cette organisation est le transport de 1 000 *kg* de dépêches effectué en cinq minutes, de l'hôtel des postes à la gare la plus éloignée, soit sur un parcours de 3 500 *m*. Le transport se ferait par des lignes tubulaires de 0,40 *m* de diamètre, dans lesquelles circuleraient des chariots mus par un propulseur directement actionné par l'air comprimé.

Voici quelques détails sur les moyens de réaliser cette organisation. Les tubes seraient formés de deux tôles de fer cintrées et rivées sur deux

barres de fer plat. Ces barres, placées aux extrémités d'un diamètre vertical, serviraient de guides pour les roues du chariot. Ces roues, de 0,40 *m* de diamètre, celui du tube, auraient des frottements à billes pour leurs axes. Chaque chariot pèserait 140 *kg*, et on attèlerait dix chariots ensemble. Le propulseur serait formé d'un piston à garniture de cuir.

L'auteur estime que le travail total nécessaire pour une ligne ne dépasserait pas 66 *ch*, et pourrait descendre à 45.

La dépense d'installation d'un pareil système peut être évaluée à 850 000 *f* environ, tout compris. Le fonctionnement donnerait lieu à une dépense de 50 000 *f* par an, en nombre rond. Un calcul approximatif indique qu'avec l'organisation actuelle, le transport des dépêches à l'hôtel des postes et aux gares coûte 575 000 *f*, soit plus de dix fois le chiffre trouvé plus haut. Les dépenses d'établissement pourraient donc être amorties en deux ans.

Revue de l'industrie des chaux et des ciments, par M. E. Candlot.

La fabrication des chaux et des ciments n'a fait de réels progrès que depuis une quinzaine d'années; celle des chaux hydrauliques n'a subi pour ainsi dire aucune modification, mais c'est dans les fabriques de ciments de Portland qu'on trouve les procédés les plus perfectionnés, et la plus grande variété d'appareils.

L'auteur passe successivement en revue la préparation des matières, les fours, les appareils de mouture, etc., dont les principaux spécimens sont décrits avec de nombreuses figures.

Revue des progrès récents de l'industrie minière, par M. Leproux, Ingénieur des Mines.

Cette revue traite successivement des questions suivantes: précautions prises contre les explosions de poussières dans les houillères; arrosage, explosifs de sûreté, allumage des coups de mines. — Abatage des roches et de la houille par moyens mécaniques, emploi des haveuses en Angleterre et aux États-Unis. — Application des courants polyphasés aux distributions d'énergie dans les mines; exemple: installation près de Pittsburg, où trois machines de 200 *ch* chacune mettent en marche seize haveuses, deux locomotives et un certain nombre de lampes à arc, et une importante installation à Silverton, dans le Colorado. — Compresseurs, locomotives à air comprimé, machines d'extraction et wagons à minerais américains. — Signaux pour communiquer du fond au jour, beaucoup plus perfectionnés sur le nouveau continent que sur l'ancien, réalisés par tubes acoustiques et par téléphone; enfin, l'emploi de l'acide picrique pour la guérison des brûlures, proposé par M. le Dr Thierry.

Observations sur la **trempe de l'acier,** à l'occasion des recherches de M. Charpy, par M. A. Le Chatelier, Ingénieur des constructions navales.

L'auteur, tout en rendant justice aux études de M. Charpy, qui ont fait faire un pas considérable à la question si complexe de la trempe de

l'acier, ne partage pas toutes ses idées relativement à un certain nombre de points, tels, par exemple, que le palier qui se produit au début de la courbe de traction des aciers recuits et l'interprétation de ce phénomène, et surtout la trempe négative et la double trempe, que M. Charpy considère comme ne produisant aucun effet particulier. M. Le Chatelier entre dans de grands détails, au sujet de cette dernière question, en montrant que ces deux procédés de traitement deviennent d'un emploi de plus en plus général dans l'industrie, ce qui est bien une preuve de leur utilité.

Note de M. Lavalard sur le **brancard démontable** de M. Gellit.

Note sur **la dureté des alliages**, par M. Le Chatelier.

Sur **le siliciure de manganèse**, note de M. Vigouroux (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Sur **l'amalgame de chrôme et quelques propriétés du chrôme métallique**, par M. J. Ferie (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Analyse de l'aluminium et de ses alliages, par M. H. Moissan (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Sur la **présence du sodium dans l'aluminium** préparé par électrolyse, par M. H. Moissan (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Four de grillage automatique Brown (Extrait de *l'Engineering).*

Ce four, installé à l'usine de la Bimétallic Cy, à Philipsburg, consiste en un long tunnel garni de briques réfractaires, chauffé au réverbère par trois foyers et sur la sole sur duquel le minerai à griller est agité et poussé par des ringards portés sur des wagonets trainés par un câble. Ce four peut traiter 300 *kg* de minerai par jour et par mètre carré de sole, soit 79 *t* en tout. Ce four, dont la machinerie pèse 22 *t*, coûte 50 000 *f*. La dépense de grillage ressort à 2,50 *f* par tonne, intérêt et amortissement compris.

Détermination expérimentale du **pouvoir agglutinant des houilles**, par L. Campredon (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Le principe du procédé, employé depuis plus de trois ans au laboratoire de l'usine de Trignac, consiste à mélanger la houille avec un corps inerte et à soumettre le mélange à la carbonisation en vase clos. La houille retiendra, sous forme de culot solide, d'autant plus de matière inerte qu'elle sera plus collante.

On mélange la houille finement pulvérisée avec du sable silicieux et on chauffe au rouge vif dans un creuset de porcelaine; on trouve après refroidissement une poudre sans consistance et un culot plus ou moins dur. Le rapport du poids du sable aggloméré au poids de la houille re-

présente le pouvoir agglutinant. Ce pouvoir agglutinant est nul pour les houilles qui donnent par carbonisation du coke pulvérulent; il atteint 17 pour la houille la plus collante et 20 pour le brai. Il est bon de faire remarquer qu'on ne trouve pas de relations entre le pouvoir agglutinant d'une houille et sa composition établie par l'analyse immédiate.

Appréciation de la valeur boulangère des farines; dosage des débris d'enveloppe et de germe susceptibles de diminuer la qualité du pain, par M. Aimé Girard (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Composition des farines et issues fournies par la mouture aux cylindres des blés tendres et des blés durs, par M. Aimé Girard (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

Transporteur de charbon C.-W. Hunt.

Ce transporteur est formé d'une double chaine sans fin portant des wagonets suspendus de manière à rester constamment verticaux. Ces wagonets se remplissent dans le bas et vont se vider dans des trémies. Au dépôt du Philadelphia and Reading Railroad, à Philadelphie, un de ces appareils permet de charger 400 *t* par jour. Un autre, installé à la station de la United Electric Light and Power Company, à New-York, dessert une puissance de 19 000 *ch.*

Sur l'**emploi du poinçonnage et du cisaillement comme méthodes d'essai des matériaux,** par MM. L. Baclé et Ch. Frémont. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

Les auteurs ont cherché à employer les diagrammes qu'on peut relever à l'aide de l'élasticimètre pendant les opérations de poinçonnage et de cisaillement des métaux, pour apprécier directement les propriétés résistantes de ces métaux. Ils partent de ce fait, basé sur leurs observations, que l'ordonnée maximum de ces diagrammes fournit une indication rigoureusement proportionnelle à la valeur de l'effort développé, et cette ordonnée est toujours proportionnelle à la charge de rupture déterminée par l'essai de traction habituel. Elle est donc susceptible de fournir sur la résistance du métal un renseignement aussi précis que pourrait le donner l'essai à la traction, qui exige l'emploi de machines spéciales et d'éprouvettes préparées à cet effet.

De plus, les autres éléments du diagramme apportent, de leur côté, des indications non moins caractéristiques sur les propriétés de malléabilité du métal étudié, et permettent d'en apprécier la nature d'une façon aussi complète que peut le faire le diagramme de l'essai à la traction.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

OCTOBRE 1895.

Note sur la **construction de la tour-balise des Trois-Pierres**, à la jonction des passes extérieures de Lorient, par M. MALLAT, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'intérêt de cette construction repose surtout sur les difficultés qu'on a rencontrées en raison de la situation exposée de l'écueil sur lequel on a dû l'établir, à 2 *m* au-dessous du niveau des basses mers d'équinoxe.

La tour repose sur un massif de 9,40 *m* de diamètre, établi sur la roche, qu'on a dû nettoyer préalablement au scaphandre. Le massif a été formé de sacs de béton formant une enceinte dans laquelle on a coulé du béton. L'exécution de ce massif a pris trois étés (1891, 1892 et 1893), soit cinquante-quatre jours de travail en tout; le cube était de 195 *m*, qui ont coûté 18 000 *f*, soit 84,50 *f* par mètre cube.

La tour a été construite également en béton ; on a pu l'exécuter à sec, au moyen d'un coffrage démontable. Cette tour a été faite en trente-cinq jours; elle a coûté 15 000 *f*, soit environ 94 *f* par mètre cube. Ce prix, plus élevé que celui du massif, s'explique par la nécessité de suivre les marées, surtout au début du travail.

Depuis son achèvement, la tour-balise des Trois-Pierres a eu à supporter des tempêtes d'une violence exceptionnelle, et y a parfaitement résisté. Le béton des sacs a acquis la dureté du roc, et, de plus, il s'est recouvert d'une enveloppe de coquillages qui lui assure une protection efficace contre l'action de l'eau de mer.

Emploi de la lemniscate de Bernouilli dans les raccordements de chemins de fer, par M. P. ADAM, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La parabole cubique, employée pour les raccordements, ne donne qu'une solution approximative, et l'auteur propose de lui substituer la lemniscate de Bernouilli, qui est d'une application au moins aussi simple, dans le cas le plus fréquent d'un raccordement joignant un alignement droit à un cercle, sur une ligne à construire ou sur une ligne déjà construite et munie de raccordements ordinaires dont la réfection est projetée. A cette note sont joints des tableaux numériques permettant de réaliser rapidement cette application.

Étude comparative au point de vue de la résistance d'**un arc de parabole et d'un arc de chaînette** de même flèche et de même ouverture, et soumis aux mêmes charges permanentes et mobiles, par M. A. BELLIARD, Ingénieur, ancien élève de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

La conclusion de cette étude comparative est que l'arc parabolique possède, au point de vue de la résistance, une supériorité très marquée

sur tous les autres arcs. Aussi, ne doit-on pas hésiter à l'employer toutes les fois que le rapport de la flèche à l'ouverture de l'arc est supérieur à 0,25, c'est-à-dire au quart. Il est d'autant plus nécessaire d'insister sur ce point que, la chaînette étant une courbe d'équilibre, on serait tenté de croire à la supériorité, au point de vue de la résistance, de cet arc par rapport à l'arc parabolique.

Note sur un **appareil destiné à la mesure des flèches** dans les épreuves de ponts métalliques, par M. Bosramier, conducteur principal des Ponts et Chaussées.

Cet instrument se compose de deux tubes concentriques réunis par un ressort de traction et portant une échelle divisée ; on l'interpose entre deux fils métalliques reliant les poutres du pont dont on fait les épreuves au sol. On conçoit que les flèches prises par ces poutres seront accusées sur l'échelle divisée. Quelques précautions sont nécessaires pour obtenir de bons résultats de cet appareil dont l'Administration a acquis un certain nombre d'exemplaires pour les épreuves de ponts.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Novembre 1895.

Réunion de Saint-Etienne.

Séance du 2 novembre 1895.

Communication de M. Petit sur un **autocapteur** ou appareil servant à effectuer automatiquement et de façon continue des prises d'air grisouteux ou de gaz quelconques.

Le but de cet appareil est de recueillir des échantillons de l'air des mines pour l'analyser au laboratoire par la méthode des limites d'inflammabilité. Il est basé sur le principe des vases communicants et formé de deux vases reliés par le bas et pouvant être mis en relation avec des éprouvettes; l'écoulement de l'eau dont les vases sont remplis au début permet l'aspiration de l'air et son refoulement dans les éprouvettes; des dispositions ingénieuses, que nous ne saurions faire comprendre sans l'aide des figures qui accompagnent la note, rendent les opérations automatiques. L'appareil est peu volumineux, il a seulement 0,45 *m* de diamètre et 0,50 *m* de hauteur.

District du Nord

15 juin 1895.

Visite aux mines de Liévin, Drocourt et Courrières.

Le compte rendu de cette visite donne un grand nombre de renseignements statistiques sur l'installation et le matériel de ces mines, sur les particularités de l'exploitation, le personnel, la production, etc.

La Compagnie de Courrières est la plus importante des trois; sa production qui n'était que de 8 300 *t* en 1853 a atteint 1 306 175 *t* en 1893 et, quand les nouveaux puits seront en complète activité, l'extraction nouvelle atteindra facilement 1 800 000 *t*. Cette Compagnie occupe 4 925 ouvriers, dont 3 720 pour le fond et 1 195 pour la surface. Il y a 100 moteurs à vapeur d'une puissance totale de 14 500 *ch*, dont 9 machines d'extraction et 8 pour actionner les ventilateurs.

Décembre 1895.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 7 novembre 1895.

Note sur une **machine d'épuisement à transmission hydraulique.**

Cette machine, du système Kaselovsky, établie aux mines Gottessegen et Pluto en Westphalie, a fait l'objet d'une étude de MM. Griot et Rodde.

La machine à vapeur est à la surface et actionne des pompes comprimant l'eau sous une pression de 200 à 250 *kg*, cette eau agit au fond sur des pistons qui actionnent les pompes refoulant l'eau à la surface. La transmission dans le puits se trouve réduite à deux tuyaux. Ces machines donnent un fonctionnement tout à fait satisfaisant. On a fait observer, à la suite de cette communication, que le principe de ce système a été déjà appliqué en France, au charbonnage de Gardanne, mais avec des pressions ne dépassant pas 50 *kg*.

Note sur l'**emploi de l'eau sous pression pour le transport de l'énergie**, par M. Mortier.

Cette note développe des considérations sur les avantages et les inconvénients de l'emploi de l'eau sous pression pour le transport de l'énergie. Au premier rang de ces inconvénients est la constance de la dépense d'eau pour un travail variable. La note indique la possibilité de supprimer cette difficulté par l'interposition, entre les moteurs, de réservoirs d'air permettant une sorte de fonctionnement à détente avec réglage automatique.

Note sur l'**exploitation des tales de Layenac**, par M. P. Pillez.

Ces carrières de talc sont situées dans le département de l'Ariège; le gisement a 1 800 à 2 000 *m* de longueur sur une épaisseur de 90 à 300 *m*. La matière extraite est envoyée à une usine voisine où elle est broyée dans des appareils à boulets. La production de talc en poudre est de 10 000 *t* environ par an. On s'en sert pour la parfumerie, la fabrication du papier, les graisses de voiture, etc.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETINS DE SEPTEMBRE, OCTOBRE, NOVEMBRE 1895.

Sur les **matières colorantes sulfonées** dérivées du triphénylméthane. Étude de bleus patentés, par M. M. PRUDHOMME.

Note sur la **réduction du nitrotetraméthyldiamitriphénylméthanes**, par M. M. PRUDHOMME.

Sur la **constitution du bleu patenté.** Réponse à M. Prudhomme, par M. A. ROSENSTIEHL.

Rapport sur l'**excursion en Suisse du comité de mécanique** les 12 et 13 juillet 1895, par M. G. LANHOFFER.

Cette excursion a eu pour objet la visite d'un certain nombre d'établissements tels qu'installations centrales d'électricité, ateliers de construction et distributions de force motrice. Voici, du reste, la liste de ces établissements : station centrale d'Aarau, station centrale de Baden, ateliers Brown, Boveri et C°, à Baden, tramways électriques de Zurich, station centrale de Zurich, service d'eau de la ville de Zurich, station de contrôle de la résistance des matériaux, laboratoires de physique et d'électricité de l'École Polytechnique de Zurich, station de moteurs à gaz pauvre des tramways du Zurichberg à Zurich, distribution de force motrice de Schaffouse.

Le *Bulletin* dont nous nous occupons contient la description des ateliers Brown, Boveri et C°, à Baden, maison qui, fondée seulement en 1891, est arrivée avec une rapidité étonnante à occuper un des premiers rangs parmi les grandes maisons d'électricité; on y trouve également des renseignements intéressants sur les principaux appareils construits par cette maison, matériel pour courants alternatifs, transformateurs, etc.

Note sur le rapport de MM. Noelting et Freyss, concernant l'**autoclave de M. A. Pfungst**, par M. H. GROSHEINTZ.

Cette note a pour objet de revendiquer une antériorité relativement à la disposition du robinet employé dans l'autoclave de M. Pfungst.

Note sur **quelques dérivés de l'engenol**, par MM. GASSMANN et E. KRAFT.

Note sur un **nouveau tissu en verre et soie**, par M. V. SCHLUMBERGER.

Ces tissus, qu'on peut voir fabriquer au passage Jouffroy, à Paris, sont formés de trame en fil de verre, alternant avec une trame de soie et travaillant sur une chaîne de soie. Les tissus sont faits sur métiers à

bras, munis de mécaniques Jacquard. On en fait des objets divers : abat-jours, coussins, rideaux, robes, chapeaux, cravates, etc. Ces objets peuvent être lavés et sont incombustibles, mais l'obstacle est le prix très élevé qui limite l'avenir de cette industrie.

Note sur une **méthode de synthèse des matières colorantes** de la série de la rosaniline, par MM. Friedel et de Bechi.

Note sur la **décoloration de l'albumine du sang**, par M. J. Persoz.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *4 janvier 1896.*

Installation de laminoirs-trios à l'usine Maximilien, près Rosenberg, en Bavière.

Progrès dans les applications du froid artificiel, par H. Lorenz.

Développement de la locomotive compound, par F. Brückmann.

Le chemin de fer funiculaire électrique du Stanserhorn, par R. Reichardt.

Chauffage et ventilation, par H. Fischer.

Bibliographie. — Traité pratique de construction des machines à vapeur fixes et marines, par M. Demoulin.

Correspondance. — Nouveautés dans la question des machines-outils pour le travail des métaux.

N° 2. — *11 janvier 1896.*

Éclairage électrique des voitures à voyageurs sur les chemins de fer, par M. Buttner.

Les machines agricoles à la neuvième exposition de la Société Allemande d'Agriculture, à Cologne, du 6 au 10 juin 1895, par Grundke.

Exposition d'électricité à Carlsruhe, par Uppenborn.

Détermination de la conductibilité des métaux pour la chaleur, par L. Holborn et W. Wien.

Variétés. — Exposition du millenium à Buda-Pest, en 1896. — Explosions de chaudières.

Correspondance. — Coût de la production de la vapeur.

N° 3. — *18 janvier 1896.*

Ascenseurs pour bateaux à Henrichenberg, sur le canal de Dortmund à l'embouchure de l'Ems, par B. Gerdan.

Nouvelles dispositions de tiroirs plans et circulaires, par C. Leist.

Construction des roues à ailettes des pompes centrifuges, par O. Haberstroh.

Appareils d'égalisation de température de Gjers, par R.-M. Daelen.

Groupe de Wurtemberg. — Fondation d'un institut de physique à l'université de Göttingen. — Inondation des mines de sel de Friedrichshall.

Variétés. — Association allemande des fabricants de produits réfractaires.

Correspondance. — Chauffage au combustible pulvérulent.

N° 4. — *25 janvier 1896.*

Résistance et frottement des pistons, par O.-C. Reymann.

Éclairage électrique des voitures à voyageurs de chemins de fer, par M. Büttner *(fin)*.

Appareils de levage à arrêt automatique, par M. Kohn.

Interprétation simple de la formule d'Euler sur la résistance à la rupture, par R. Land.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Mesure des températures au moyen des piles thermo-électriques.

Groupe de Hanovre. — Organisation d'un institut de physique industrielle à l'université de Göttingen.

Variétés. — Concours pour la construction d'un pont fixe sur le Rhin, à Worms.

BIBLIOGRAPHIE

Création et direction des usines au point de vue administratif, par L.-B. Aurientis, directeur des usines Félix Potin et A. Folin, avocat, docteur en droit. — Paris, librairie E. Bernard et Cie, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins.

Notre Collègue, M. Aurientis, l'un des auteurs de l'ouvrage dont le titre est donné ci-dessus, a bien voulu en offrir un exemplaire à la bibliothèque de notre Société, et il nous paraît utile d'appeler l'attention sur ce livre qui peut rendre de grands services à ceux qui ont à créer ou à diriger un établissement industriel.

On y trouve, en effet, réunis, sous un ordre méthodique, les lois, décrets, arrêtés, règlements, ordonnances, etc., concernant les établissements industriels, tant au point de vue de l'installation que de la conduite, toutes choses qu'il est indispensable pour les intéressés, sinon de connaître à fond, du moins de pouvoir retrouver facilement au moment du besoin.

Le champ de ces questions est extrêmement vaste. Parmi celles qui concernent l'installation même des usines, figurent au premier rang, le classement des établissements dangereux, incommodes ou insalubres, les demandes en autorisation, les règles particulières sur la formation et l'exploitation de certains de ces établissements, leur surveillance, les règlements sur les appareils à vapeur, le chapitre très important et très vaste des établissements hydrauliques, les installations électriques, etc.

Dans un autre ordre d'idées, viennent les assurances contre l'incendie, la réglementation administrative du travail, question qui a pris une grande importance depuis la loi du 2 novembre 1892 sur le travail des enfants, des filles mineures et des femmes dans les établissements industriels, les précautions concernant l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels, les règlements intérieurs, les questions concernant les salaires, les contestations y relatives, les juridictions, les sociétés de secours mutuels, les caisses de retraite, etc. Ces sujets sont traités avec les développements et commentaires nécessaires.

L'ouvrage se termine par la reproduction des textes des lois et décrets relatifs aux établissements industriels, réglant les matières dont il a été question ci-dessus. L'utilité de cette reproduction n'est pas à démontrer; elle donne à cet ouvrage une valeur de plus par la facilité avec laquelle on y trouve un texte qu'il faudrait rechercher dans un certain nombre d'ouvrages sur des sujets divers ou extraire avec plus ou moins de peine d'un recueil de codes ou de livres de droit.

Nous croyons que l'ouvrage de MM. Aurientis et Folin remplit une lacune dans la bibliothèque des chefs d'industrie et directeurs d'usines en leur fournissant un formulaire concis pour les guider dans le dédale des lois et règlements qui les concernent, et qu'à ce titre, il ne peut manquer d'être bien accueilli par tous ceux de nos Collègues que ces questions intéressent à un titre quelconque.

Traité des véhicules automobiles. — Les voitures à vapeur, par M. Louis Lockert, Ingénieur, délégué du Touring-Club de France. Paris, chez l'auteur, 19, rue de Lourmel.

La question des voitures automobiles est déjà très ancienne, comme on sait, puisque les premières tentatives faites dans cet ordre d'idées remontent à une époque antérieure aux chemins de fer. Après avoir, pour ainsi dire, sommeillé pendant une longue période, elle paraît s'être tout à fait réveillée il y a quelques années, et a pris récemment une importance très considérable. D'intéressantes communications ont eu lieu à plusieurs reprises au sein de notre Société sur ce sujet tout d'actualité et nous avons eu également l'occasion de la traiter dans nos chroniques, surtout pour rappeler de remarquables tentatives déjà anciennes et peut-être trop oubliées aujourd'hui.

Au moment où la locomotion mécanique indépendante paraît vouloir entrer dans nos mœurs, notre Collègue, M. L. Lockert, a eu l'excellente idée de publier, sous une forme très portative un *Traité des véhicules automatiques*, divisé en quatre volumes : les Vélocipèdes, les Voitures à vapeur, les Voitures à pétrole et les Voitures électriques, à air comprimé, à acide carbonique, etc. C'est le second de ces volumes, les Voitures à vapeur, seul paru jusqu'ici et que l'auteur a bien voulu offrir à la Bibliothèque de notre Société, sur lequel nous désirons appeler l'attention de nos Collègues.

La vapeur étant le moteur des voitures dont nous nous occupons ici, l'auteur a dû débuter par un examen rapide de la naissance et du développement de l'emploi de cette force motrice, pour arriver à la première application qui en ait été faite à la locomotion, l'essai de Cugnot. M. Lockert consacre, avec raison, une place relativement considérable à la description de cette machine, avec dessins très complets empruntés au Portefeuille du Conservatoire, et à la reproduction des documents malheureusement trop peu nombreux que l'on possède sur ce *fardier à vapeur*, comme l'appelait son auteur, lequel est réellement la première voiture automobile qui ait jamais existé et qui remonte à 1769. Après vient l'examen des travaux faits ultérieurement sur la locomotion à vapeur en Angleterre. Si M. Lockert a consacré une trentaine de pages à la voiture de Cugnot, il aurait pu, et nous l'en aurions loué, accorder plus de vingt-trois lignes à la première voiture à vapeur qui ait réussi, celle de Trevithick, qu'on devrait considérer comme l'inventeur de la locomotion à vapeur si on attribue ce titre à celui qui a résolu le problème et non à celui qui l'a simplement abordé. Pour ne pas interrompre l'examen de l'ouvrage de M. Lockert, nous reviendrons plus loin sur la question des mérites de Cugnot et de Trevithick.

L'étude des voitures inventées et construites en Angleterre continue par une nombreuse énumération des machines de Griffith, Gordon, Harland, Hancock, Gurney, Maceroni, etc., et par la description très complète des deux plus importantes de ces machines, celles de Gurney et de Hancock qui durent leur succès à la bonne disposition de leur chaudière, la partie capitale de l'appareil. On trouve ensuite des détails circonstanciés sur les services publics de voitures à vapeur établis en

Angleterre peu après 1830 et qui, comme on sait, furent arrêtes dans leur développement par les mesures prohibitives dues surtout aux intérêts contraires de l'industrie naissante des chemins de fer.

Les inventions françaises de 1820 à 1870 sont examinées en détail ; l'auteur passe en revue successivement les inventions de Revon, de Pecqueur, de Galy-Cazalat, de Dietz, Lotz, Loubat, Albaret, Gellerat, Feugère, Michaux, etc., pour ne parler que des principaux, et consacre une description étendue à certaines, telles que celles de Pecqueur, Lotz, Albaret, etc., qui présentaient des particularités dignes d'appeler spécialement l'attention. On trouve également des renseignements pleins d'intérêt sur les services publics par machines routières établis en France de 1850 à 1870 et qui n'eurent d'ailleurs qu'un succès très éphémère, ce qui est facile à expliquer. Un chapitre important est consacré aux voitures de M. Bollée du Mans, dont les résultats ont été remarquables ; puis viennent les systèmes de Dion, Bouton et Trepardoux, Merelle, Michaux, Scotte, etc., et les voitures Serpollet dont la particularité la plus intéressante est le remarquable générateur, bien connu de nos Collègues et qui a fait l'objet de communications récentes devant notre Société. Cette étude se termine par celle des voitures Maurice Le Blant et Filtz, et par quelques détails sur l'application de la vapeur aux vélocipèdes qui a donné lieu à plusieurs tentatives, au premier rang desquelles on doit citer celle, parfaitement étudiée, due à notre distingué Collègue, M. D. Stapfer, et qui remonte déjà à 1873.

Les conclusions de M. Lockert, basées sur la comparaison des résultats obtenus, sont que, surtout depuis qu'on dispose de générateurs d'une grande élasticité et d'une parfaite sécurité dont la chaudière Serpollet est le type, le problème de la locomotion à vapeur sur routes doit être résolu par la voiture automobile et que le remorqueur, tracteur ou autre, n'a plus aujourd'hui de raison d'être. La voiture automobile a donc devant elle un très vaste champ d'action. Cette conclusion semble judicieuse. Le cas nous paraît avoir une grande analogie avec celui qui s'est présenté aux débuts de la navigation à vapeur intérieure. La crainte de l'explosion de la chaudière avait fait penser d'abord à placer les voyageurs, non sur le bateau à vapeur, mais sur des barques remorquées par celui-ci. Cette prescription fut notamment imposée en 1820 à la première Société qui se fonda pour établir la navigation à vapeur sur le lac de Genève. Elle n'eut d'ailleurs aucune suite.

L'examen de l'ouvrage très intéressant et très bien fait de M. Lockert nous engage à le recommander à l'attention de ceux de nos Collègues qu'intéresse la question si pleine d'actualité des voitures mécaniques. Ils y trouveront quantité de renseignements utiles qu'il leur faudrait chercher dans divers ouvrages ou périodiques qu'on n'a pas toujours sous la main et ils éviteront ainsi une perte de temps considérable. L'ouvrage est illustré d'une cinquantaine de figures dans le texte représentant les ensembles et quelques détails d'un certain nombre de véhicules mécaniques.

Nous terminerons cette note par quelques considérations sur la question de la voiture de Cugnot. Nous n'avions, avant d'avoir lu le livre de M. Lockert, que des idées générales sur cette voiture, n'ayant jamais

examiné qu'assez sommairement le véhicule qui se trouve dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers. Le compte rendu que nous venons de faire nous a donné l'idée d'étudier de plus près tant cette voiture que les dessins qui sont au portefeuille du même établissement. Nous ne cacherons pas que nous avons été profondément étonné. Certes ce qui concerne le véhicule et même la machine proprement dite n'est pas mal combiné, surtout si on tient compte de l'époque et du peu d'expérience de l'auteur, mais la partie capitale, la chaudière, laisse tout à désirer. On a fréquemment signalé les mauvaises proportions du générateur, la disposition peu favorable du foyer, le peu de résistance de la chaudière pour soutenir l'effet de la vapeur, etc., mais ce n'est pas tout; dans la machine qui est au Conservatoire, et qui est, dit-on, la seconde machine de Cugnot (nous ignorons totalement comment était faite la première), il est absolument impossible de comprendre comment on aurait pu mettre de l'eau dans la chaudière et faire du feu sous celle-ci. D'abord le générateur en forme d'ellipsoïde de révolution ne possède que deux ouvertures, l'une à la partie supérieure pour conduire la vapeur à la machine, l'autre directement en dessous et au fond fermée par un bouchon à vis assez mal placé au plus vif du feu (si ce feu pouvait être vif). On ne pourrait donc introduire d'eau qu'en démontant le tuyau de vapeur. Cette opération, délicate avant l'allumage, serait impraticable en route pour refournir de l'eau à la chaudière à mesure de l'évaporation. D'autre part, la chaudière est entièrement entourée d'une enveloppe en tôle fermée de toutes parts, sauf en haut où il y a deux petites cheminées, et sur le côté où est une porte pour introduire le combustible. Il n'y a ni grille ni place pour la mettre, le fond de l'enveloppe étant à 0,22 *m* seulement en contre-bas du fond de la chaudière. Par où l'air destiné à la combustion pourrait-il s'introduire? Cette chaudière, telle qu'elle est actuellement et telle que la représentent les dessins du portefeuille, ne pourrait donc fonctionner en aucune manière, à moins qu'on ne suppose que le foyer agissait comme dans un samovar, et alors quelle production de vapeur pouvait-on espérer? Nous laissons de côté l'absence de soupape de sûreté, omission singulière si, comme le dit M. Lockert, « la conception de la voiture de Cugnot procède des travaux de Papin dont Cugnot est évidemment le disciple » et celle de tout moyen de faire reconnaître le niveau de l'eau dans la chaudière (1). Ce sont, quelque importants qu'ils soient, des détails bien secondaires en présence des imperfections radicales de ce générateur, qui nous semblent entraîner une impossibilité absolue de fonctionnement. Il semblerait vraiment que la chaudière dont nous nous occupons, ou n'a jamais été achevée ou n'a pas été faite pour fonctionner; si on ajoute qu'elle reproduit tous les défauts qu'on avait si-

(1) L'*Architecture hydraulique* de Belidor, publiée à Paris en 1739, soit trente ans avant la construction de la voiture de Cugnot, contient plusieurs planches relatives aux machines à vapeur pour l'épuisement des mines, les seules machines à vapeur connues à l'époque; les chaudières représentées sur ces planches sont munies de soupapes de sûreté et de robinets indicateurs du niveau de l'eau. Cugnot, en sa qualité d'ingénieur militaire, devait connaître l'ouvrage de Belidor et a dû consulter, au moment de la construction de sa machine, ce livre qui était encore à peu près le seul écrit en français où il fut question de machines à vapeur.

gnalés dans le générateur de la première voiture, on reconnaîtra qu'il y a là un mystère auquel nous n'avons jamais vu faire la moindre allusion dans tout ce qui a été écrit sur la machine de Cugnot, même par des écrivains très éminents. M. Lockert, qui entre dans des détails très minutieux sur certaines parties de la voiture dont nous nous occupons, laisse entièrement de côté cette question de la chaudière.

Toute autre était la voiture de Trevithick qui a circulé en 1803 pendant plusieurs mois dans les rues de Londres en portant huit ou dix personnes, et en marchant à des vitesses de 8 *km* à l'heure qui pouvaient facilement être portées au double. Cette voiture était parfaitement pratique et, si elle n'a pas eu de succès durable, il ne faut pas en chercher la raison autre part que dans l'épuisement des ressources de l'auteur, épuisement qui l'obligea à chercher ailleurs un travail plus immédiatement rémunérateur. La mélancolique devise de Bernard Palissy, encore un inventeur méconnu, *póvreté empesche les bons esprits de parvenir*, a trouvé là une application de plus. La voiture de Trevithick n'eut pas la chance d'être conservée comme celle de Cugnot, elle fut vendue à la ferraille et le moteur fut utilisé pour actionner un laminoir à cintrer les cercles de roues chez un fabricant de voitures.

Nous croyons équitable de partager entre Cugnot et Trevithick, mais dans des proportions inégales, l'honneur d'avoir été les pionniers de la locomotion mécanique sur les routes, l'un ayant fait le premier véhicule à vapeur qui ait existé, l'autre le premier qui ait fonctionné régulièrement et avec un plein succès sur des dispositions et pour un but d'ailleurs entièrement différents de ceux du précédent. Ces deux hommes ont, de plus, partagé le même destin, celui d'être méconnus de leur vivant et peu favorisés par la fortune, mais encore dans des proportions très inégales. En effet, Cugnot, dont les travaux avaient été encouragés et même payés par l'État, les vit dans ses dernières années récompensés par l'obtention d'une pension (1); son œuvre a été pieusement conservée, sa mémoire honorée presque de suite après sa mort et ses mérites célébrés, peut-être avec quelque exagération. Trevithick, au contraire, passa ses dernières années et mourut dans la misère, fut enterré à la charité et quelques ouvriers qui avaient travaillé à la construction de ses machines durent se cotiser et payer une garde nocturne pour préserver ses restes contre les voleurs de cadavres. Il s'était vu refuser, dans ses derniers jours, un secours national qu'il avait sollicité et cependant cet homme avait inventé, ou tout au moins réalisé pratiquement, la machine à haute pression, la locomotive routière, la locomotive de chemin de fer, la drague à vapeur, les caisses à eau métalliques pour la marine, les bouées, mâts et vergues en fer, etc., toutes choses dont les résultats ont plus tard été immenses, mais, de son vivant même, l'application réalisée par lui de la haute pression aux machines d'épuisement de Cor-

(1) Hachette dit, dans son *Histoire des machines à vapeur*, que c'est à Cugnot qu'on doit la planchette qui porte son nom et que cet Ingénieur a donné des leçons d'art militaire, à Paris, jusqu'à son décès (année 1804). Il est vraisemblable qu'il s'agit là d'un enseignement public, comportant une position officielle et rétribuée. Ce ne serait donc pas l'abandon et le dénuement dont on a parlé. Hachette, professeur à l'École Polytechnique, devait être bien informé.

nouailles avait produit des économies de combustible qui se chiffraient par plusieurs millions par an. C'était surtout sur ce fait qu'il s'appuyait pour réclamer de son pays un secours qui lui fut impitoyablement refusé.

La mémoire de Trevithick resta longtemps dans l'oubli, certaines réputations se croyant intéressées à l'y maintenir. Ce n'est qu'il y a peu d'années qu'une réaction s'est produite en faveur de ce grand mécanicien et qu'on a bien voulu reconnaître que, non seulement il ne méritait pas de son vivant la corde que Watt lui souhaitait pour avoir introduit l'emploi de la haute pression, mais encore que son nom devrait occuper un rang éminent parmi celui des Ingénieurs qui ont fait faire le plus de progrès à la machine à vapeur et à ses applications.

Nous avons à nous excuser d'avoir un peu abusé de l'attention de ceux de nos Collègues qui ont bien voulu nous suivre jusqu'ici, mais il nous semble que les considérations qui précèdent et qui n'ôtent rien ni à l'intérêt ni à la valeur de l'ouvrage de M. Lockert ne pouvaient trouver une meilleure occasion de se produire qu'à la suite de l'analyse du livre de notre Collègue.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1896

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

au 1er Janvier 1896.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS												
Académie des Sciences (Comptes rendus)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de Statistique Graphique relatif aux Chemins de Fer, Routes Nationales, Navigation, etc., de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album National de la Fabrique et de l'Industrie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Alcool et le Sucre (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales de la Construction (Nouvelles)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Chemins Vicinaux	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Commerce Extérieur						1						

Annales Industrielles	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Année Industrielle (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire d'Adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux Publics.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire de l'Industrie Française et du Commerce d'Exportation (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire de la Construction Mécanique, des Travaux Publics, de l'Électricité et de la Métallurgie (Grand)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction Mécanique et de l'Électricité	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire Statistique de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Association Amicale des Anciens Élèves de l'Institut du Nord (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association Amicale des Ingénieurs Electriciens (Mémoires et Compte rendu des Travaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des Ingénieurs-Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Association Française pour l'Avancement des Sciences. (Comptes rendus des Sessions)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences. (Informations et Documents divers)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Statuts)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association pour prévenir les Accidents de Fabrique, fondée sous les Auspices de la Société Industrielle de Mulhouse (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Technique Maritime (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Avenir des Chemins de Fer (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bibliographie de la France, Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Blé (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Imprimerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Industrie Française	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin des Transports internationaux par Chemins de Fer (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin International de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances) . .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chemin de fer du Nord (Rapport présenté par le Conseil d'Administration).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Direction des Voies et Travaux (Compte rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Matériel et Traction (Compte rendu).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique (Compte rendu).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chronique Industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité des Forges de France (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité des Forges de France (Bulletin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin) . .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Commission Météorologique du Département de la Sarthe (Bulletin) . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité permanent)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Constructeur (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Construction Moderne (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Droit Industriel (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
École Nationale des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Nationale Supérieure des Mines	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Spéciale d'Architecture	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économiste Français (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Étincelle Électrique (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Génie (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	FOIS PAR AN	ANNUELLES
Génie Civil (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrie Textile (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Ingénieur Civil (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Inspection du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Institut des Actuaires Français (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institut Égyptien (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal d'Agriculture Pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chemins de Fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal Officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal Télégraphique (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Marine Française (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie Française (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Moniteur des Intérêts Matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur Officiel du Commerce	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur Maritime	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nature (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Office du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Praticien Industriel (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Portefeuille Économique des Machines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Ports Maritimes de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Rapports Commerciaux des Agents Diplomatiques Consulaires de France.	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Réforme Économique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Réforme Sociale (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Coloniale	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de Chimie Industrielle	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de l'Aéronautique Théorique et Appliquée	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du Commerce Extérieur	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue du Génie Militaire	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Générale des Chemins de Fer	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Horticole	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Maritime et Coloniale	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Pratique des Travaux Publics	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Technique et les Annales des Travaux Publics et des Chemins de Fer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Universelle des Inventions Nouvelles et Sciences Pratiques	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revue Universelle des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sciences et Commerce. Revue Pratique de l'Électricité	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Semaine du Bâtiment (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Semaine Financière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine Minière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Astronomique de France (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Belge d'Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Économie Politique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Compte rendu)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

Société de Protection des Apprentis (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Secours des Amis des Sciences	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société des Agriculteurs de France (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers (Bulletin Technologique)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Arts. Classe d'Industrie et de Commerce (Genève)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Études Coloniales et Maritimes	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société et Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers, Fondeurs de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Française de Minéralogie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Française de Physique (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société Française de Physique (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Française de Physique (Séances de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Française des Ingénieurs Coloniaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Industrielle de Reims (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle de Rouen (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle du Nord de la France (Comptes rendus)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Internationale des Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance publique annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France (Compte rendu des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de la Navigation Intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 1re Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 2e Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Syndicat des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Syndicat Général de la Marine (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Tableau Général des Mouvements du Cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Tableau Général du Commerce de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Technologiste (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Yacht (Le), Journal de la Marine	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

EN ALLEMAND												
Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover (Zeitschrift) (Hannover)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Dingler's Polytechniches Journal (Stuttgart)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus (Jahrbücher) (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Statistik (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereines (Zeitschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Repertorium der Technischen Journal-Litteratur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhuttenwesens (Düsseldorf)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Verein für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (Mittheilungen (Wien)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
EN ANGLAIS												
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Engineer Car Builder and Railroad Journal (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
American Institute of Electrical Engineers (Transactions) (New-York) .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Institute of Mining Engineers (Transactions) (New-York). .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of Civil Engineers (Transactions) (New-York) . . .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of Mechanical Engineers (Transactions) (New-York).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Cleveland). . . .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Annual Archaelogical Report) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Transactions) (Toronto).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions) (Montreal). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer of Boston (Annual Report).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer of Newton (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Electrical Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Electrical World (The) (New-York).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineer (The) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering and Mining Journal (The) (New-York).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Association of New-South Wales (Minutes of Proceedings) (Sydney)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Engineering News and American Railway Journal (New-York) . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Record (The) (New-York). . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Engineers' Club of Philadelphia (Record) (Philadelphia)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Indian Engineering (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institution of Civil Engineers (Private Press) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Iron Monger (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Massachusetts Institute of Technology (Annual Catalogue) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Massachusetts Institute of Technology (Annual Report) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Master-Car Builders Association (Annual Convention) (Chicago)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Midland Institute of Mining, Civil, and Mechanical Engineers (Proceedings) (Barnsley)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Mining World (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Navy Department. Bureau of Navigation. Office of Naval Intelligence (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Annual Report) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Bulletin) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Memoirs) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions) Newcastle-Upon-Tyne)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions) (Halifax Nova Scotia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Public Works Department. Government of Bengale (Revenue Report) (Calcutta).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Railroad Gazette (New-York).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Railway Engineer (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Society of Arts (Journal of the) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Society of Engineers (Transactions) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Street Railway Journal (The) (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
United States Artillery (Journal of the) Fort Monroe (Virginia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
United States Coast Geodetic Survey (Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Annual Report) (Washington).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Bulletin) (Washington).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Mineral Resources) (Washington).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Monographs) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Naval Institute (Proceedings) (Annapolis).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
University of the State of New-York (Annual Report of the Regent) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DANOIS												
Ingenioren (Kjobenhavn)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
EN ESPAGNOL												
Asociación de Ingenieros Industriales (Barcelona) (Revista Tecnológico Industrial)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales) México	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Asociación Nacional de Ingenieros Industriales (Boletin) (Madrid)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Boletin de Agricultura, Mineria e Industrias (México)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Boletin de Minas y Construcciones (Lima)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industria é Invenciones (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Observatorio Meteorologico Central de México (Boletin Mensual)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Porvenir de la Industria (El) (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista de Obras Públicas (Anales) (Madrid)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Públicas (Boletin) (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista Industrial de Minas Geraes	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista) (México)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Sociedad Cientifica Argentina	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Guatemalteca de Ciencias (Revista) (Guatemala)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad « Sánchez Oropesa » (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Universidad Central de Quito (Anales de la) (Quito)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN HOLLANDAIS												
Ingenieur (De) (La Haye)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Notulen) (La Haye)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (La Haye) (Verhandelingen)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN HONGROIS												
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Heti Értesitöje (Budapest) . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Közlönye (Budapest)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Magyar Mérnök-ès Épitész-Egylet (A). Találmányok Leirása (Budapest).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN ITALIEN												
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Memorie) (Roma).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Rendiconti) (Roma).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Giornale del Genio Civile (Roma)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industria (L') (Milano)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Istituto d'Incoraggiamento (Atti del Reale) (Napoli)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Politecnico (Il) (Milano)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Annuario)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Programmi d'Insegnamento)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bollettino) (Roma)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN NORVÉGIEN											
Teknisk Tidsskrift (Norsk) Kristiania	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN POLONAIS											
Przeglad Techniczny (Warszawa)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN PORTUGAIS												
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civil Portuguezes) (Lisboa)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN RUSSE												
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Svode Privilegii) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Injénière (Kiew)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (St-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN SUÉDOIS												

EN TCHÈQUE												
Spolku Architektů a Inženýrů v Království Českém (Zpravy) (Praze).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Technicky Obzor (Praze)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 3794-2-96. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1896

N° 2

Sommaire des seances du mois de février 1896 :

1° *Décès* de MM. le baron G. d'Adelsward, H.-B. Govignon, V. Dubreuil, A.-L. Féraud (Séances des 7 et 21 février), pages 175 et 190;

2° *Décorations* (Séances des 7 et 21 février), pages 175 et 190;

3° *Communiqués du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, au sujet de travaux publics à exécuter en pays étrangers* (Séance du 7 février), page 176;

4° *Nominations* de MM. A. Couvreux, G. Dumont, L. Coiseau et J. Mesureur, comme membres du jury du Prix Couvreux (Séances des 7 et 21 février), pages 177 et 190;

5° *Examen des résultats donnés par les expériences de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne, sur les résistances comparées d'ouvrages métalliques, en maçonnerie, en béton et en ossature métallique de divers systèmes*, par M. Ed. Coignet et observations de MM. F. Chaudy, Bertrand de Fontviolant, E. Badois (Séance du 7 février), page 177;

6° *Les progrès de la traction électrique dans les chemins de fer*, par H. de Grièges et observations de M. L. Rey, J.-A. Pulin, L. Molinos, Ed. Coignet, N. Mazen, G. Richard, P. Regnard, G. du Bousquet, R. Varennes (Séances des 7 et 21 février), pages 181 et 187;

7° *Nomination de M. A. Vivien comme chimiste-expert, pour le prélèvement et l'analyse des échantillons d'engrais* (Séance du 21 février), page 190;

8° *Liste des récompenses obtenues à l'Exposition de Bordeaux en 1895, par des membres de la Société des Ingénieurs civils de France* (Séance du 21 février), page 195;

9° *Avis de la Chambre de Commerce de Cambrai, informant de la création d'une Société pour la construction et l'exploitation de magasins généraux, docks et entrepôts, dans cette ville* (Séance du 21 février), page 190;

10° *Don de 100 f fait par M. A. Cercelet* (Séance du 21 février), page 190;

11° *Compte rendu du Congrès des habitations à bon marché, tenu à Bordeaux en 1895*, par M. E. Cacheux (Séance du 21 février), page 191;

12° *Abaques des efforts tranchants et moments de flexion dans les poutres reposant librement sur deux appuis*, par M. M. Duplaix et observations de M. E. Bertrand de Fontviolant (Séance du 21 février), page 192;

13° *Résultats d'expériences de communications microtéléphoniques à grandes distances par fil unique non isolé et appareils à appel de sonnerie polarisée et appel phonique par courants d'induction*, par M. le capitaine Charollois (Séance du 21 février), page 192;

14° *Projet de canal du Rhône à Marseille*, par M. A. Hauet, et observations de M. L. Molinos (Séance du 21 février), page 193;

Mémoires contenus dans le Bulletin de février 1896 :

15° *Des progrès de la traction électrique dans les chemins de fer français*, par M. H. de Grièges fils, page 196;

16° *Abaques donnant par une simple lecture les valeurs maximums des efforts tranchants et des moments de flexion, produits par les surcharges du règlement du 29 août 1891, dans les poutres reposant librement sur deux appuis de niveau, jusqu'à 80 mètres de portée*, par M. M. Duplaix, page 204;

17° *Le rendement des locomotives*, par M. A. Mallet, page 248;

18° *Analyse de l'ouvrage de M. Monmerqué sur le contrôle des installations électriques au point de vue de la sécurité*, par M. A. Brüll, page 258;

19° *Chronique* n° 194, par M. A. Mallet, page 265;

20° *Comptes rendus*, — page 277;

21° *Planches* n°s 156, 157 et 158.

Pendant le mois de février 1896, la Société a reçu :

35813 — *Annuaire pour l'an 1896, publié par le Bureau des Longitudes.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

35814 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Géométrie descriptive. Point. Ligne droite. Plan*, par A. Gouilly (petit in-8° de 164 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire, publiée par M. H. Léauté). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

35815 — De l'Association Française pour l'Avancement des Sciences. *Association Française pour l'Avancement des Sciences, 24e session. Bordeaux 1895. Première partie.* Paris, Hôtel des Sociétés Savantes, 1895.

35816 — De M. Ad. Carnot. *Méthode d'analyse des fontes, des fers et des aciers*, par Ad. Carnot (in-8° de 185 p. avec 2 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1895.

35817 — De M. H. Lombaerts, éditeur-imprimeur. *Estado de Minas Geraës Commissão Constructora da Nova Capital. Exposição, pelo Aarão Reis* (in-4° de 55 p. avec 1 pl.). Rio-de-Janeiro, 1895.

35818 — De M. L.-B. Aurientis (M. de la S.). *Création et direction des usines au point de vue administratif*, par L.-B. Aurientis et A. Folin (in-12 de 174 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

35819 — De l'École spéciale d'Architecture. *École spéciale d'Architecture. Année 1895-1896. Séance d'ouverture du 11 novembre 1895.* Paris, Delalain frères, 1896.

35820 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1894.* Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35821 — De MM. Sautter et Harlé (M. de la S.). *Éclairage des côtes. Notice sur les feux-éclairs à l'huile et à l'électricité, par Jean Rey, suivie d'un Tarif descriptif des appareils construits par MM. Sautter, Harlé et Cie* (in-4° de 153 p. avec 17 pl.). Paris, Sautter, Harlé et Cie, 1896.

35822 et 35823 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893, par MM. Ch. Grille et H. Falconnet. Septième partie. La Marine des États-Unis, en collaboration avec M. L. Bertin* (grand in-8° de 130 p. avec atlas grand in-4° de 30 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

35824 — De M. Pedro Betim Paës Leme (M. de la S.). *Relatorio da Commissão do Ministerio da Industria, Viaçãë e Obras Publicas na Europa, relativo aos annos de 1894 e 1895, pelo Pedro Betim Paës Leme* (in-4° de 100 p.). Levallois-Perret, F. Léchenet et J. Minotto.

35825 — De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. XLVIII, n° 71*, 1895. London, 1895.

35826 — De l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'Institut Industriel du Nord de la France. *Annuaire de l'Association Amicale des Anciens Elèves de l'Institut Industriel du Nord de la France.* 1860-1895. Lille, Siège de l'Association, 1895.

35827 — De la Société d'Économie Politique. *Bulletin de la Société d'Économie Politique. Année 1895.* Paris, Siège de la Société, 1895.

35828 — De M. Ed. Poillon (M. de la S.). *Grille Kudlicz* (grand in-8° de 34 p.). Amiens, Société Industrielle d'Amiens, 1895.

35829 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Proportionnel ou progressif* (in-8° de 20 p.). Paris, L. Larose, 1896.

35830 — De la Société des Arts. *Société des Arts. Catalogue de la Bibliothèque de la Classe d'Industrie et de Commerce*, par Alex. Claparède (in-8° de 397 p.). Genève, 1895.

35831 — De Mme Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.). *Physique et Chimie*, par Ad. Bareau (in-16 de 388 p.) (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

35832 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Les grands barèmes de la construction métallique, par Raymond Cros* (in-4° oblong de 472 p., et 520 figures dans le texte). Paris, E. Bernard et Cie, 1895.

35833 — Dito. *Traité théorique et pratique des courants alternatifs industriels. Deuxième volume. Partie pratique, par F. Loppé et R. Bouquet* (grand in-8° raisin de 475 p., avec 329 figures dans le texte). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

35834 — Dito. *Art de l'Ingénieur, par M. Ch. Vigreux. Construction de machines à vapeur. Partie didactique, rédigée d'après le cours professé par M. Ch. Bourdon* (grand in-8° raisin de 124 p., avec 34 figures dans le texte). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

35835 et 35836 — Dito. *Art de l'Ingénieur, par M. Ch. Vigreux. Étude d'une usine élévatoire pour irrigations avec machines à vapeur et roues élévatoires, en collaboration avec M. Milandre* (grand in-8° raisin de 167 p., avec atlas grand in-4° de 19 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

35837 — De M. Alfred Chassin (M. de la S.). *Note sur le bâton-pilote électrique, système A. Chassin, employé par les chemins de fer du Sud de la France, pour l'exploitation du tronc commun d'Aisey-sur-Seine à Vaurois* (in-8° de 12 p.). Bruxelles, 1896.

35838 et 35839 — Du Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts. *Géologie de l'Indo-Chine, par M. A. Petiton* (in-8° de XVIII-353 p., avec atlas in-4° de 8 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35840 — De Madame Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.). *Le Praticien Industriel, Intermédiaire de l'Industrie et des Arts et Métiers.* Année 1895. Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq.

35841 — De M. A. Monmerqué et MM. Baudry et Cie, éditeurs. *Contrôle des installations électriques au point de vue de la sécurité, par M. A. Monmerqué* (petit in-8° de 494 p., avec 185 figures dans le texte). Paris, Baudry et Cie, 1896.

35842 — De l'École Nationale des Ponts et Chaussées. *École Nationale des Ponts et Chaussées. Collection des dessins distribués aux élèves. Légendes explicatives des planches. Tome III, 9e fascicule, 26e livraison, 1895.* Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35843 — Dito. *Documents sur les fermes métalliques à grande ouverture* (7 feuilles in-4° autographiées).

35844 à 35895 — De Mme Vve Alcan, par M. E. Simon (M. de la S.). *Annales des Arts et Manufactures. Première collection. Tomes I à LVI* (52 volumes petit in-8°). Paris, Chaignieau ainé, an VIII à 1815.

35896 — De la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. *Annales de la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. Septième série, Tome III, 1895.* Paris, J. Baillière et fils, 1896.

35897 — De l'American Society of Mechanical Engineers. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XVI. 1895.* New-York City, 1895.

35898 — De M. J. Avril (M. de la S.). *XIII^e Exposition de Bordeaux, 1895. Catalogue général officiel des exposants* (in-8° de 390 p.). Paris, Camus; Bordeaux, Gounouilhou, 1895.

35899 — Dito. *XIII^e Exposition de Bordeaux, 1895. Vins et spiritueux, section V. Catalogue officiel des exposants* (in-8° de 263 p.). Paris, Camus; Bordeaux, Gounouilhou, 1895.

35900 — Dito. *XIII^e Exposition de Bordeaux, 1895. Catalogue officiel des arts anciens et modernes* (grand in-12 de 192 p.). Paris, Camus; Bordeaux, Gounouilhou, 1895.

35901 — Dito. *XIII^e Exposition de Bordeaux. 1895. Liste des récompenses décernées par le jury international* (grand in-8° de 394 p.). Bordeaux, G. Delmas, 1895.

35902 et 35903 — De MM. Arnaud et C^ie. *Album national de la Fabrique et de l'Industrie. Les grandes industries françaises.* Années 1894 et 1895. Paris, Imprimerie H. Lutier, 1894 et 1895.

35904 — Du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes. *Annuaire statistique de la France, XV^e volume.* 1892-1893-1894. Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35905 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Congrès national des habitations à bon marché tenu à Bordeaux les 20, 21 et 22 octobre 1895. Organisation et compte rendu* (in-8° de 172 p.). Paris, Impr. Chaix, 1896.

35906 — De M. A. Hillairet (M. de la S.). *Les transmissions électriques dans les ateliers* (petit in-4° de 32 p.). Paris, Société d'Encouragement, 1896.

35907 — De M. Bernard-Tignol, éditeur. *Dictionnaire de chimie industrielle, par M. A. Villon. Tome I. Fascicule 12* (cahiers 110 à 119). Paris, Bernard-Tignol.

35908 — De M. A. Stévart. *Note sur la turbine de Laval, par A. Stévart* (in-8° de 23 p., avec 1 pl.). Liège et Paris, C. Borrani, 1896.

35909 — De M. Bostvironnois. *Projet de métropolitain ou de réseau avec gare pour l'État, par Bostvironnois* (une feuille in-4°).

35910 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *Growth of Population of Great City, by Elmer Lawrence Corthell* (in-8° de 7 p.).

35911 et 35912 — De l'United States Coast and Geological Survey. *Report of Superintendent of the United States showing the Progress of the Work during the fiscal year ending with June 1893. Part I* (volume in-4°), *and Part II* (volume in-8°), Washington, 1894.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1896, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

P.-L.-J. Benoist,	présenté par MM.	Jordan, Etchats, Pralon.
J. Bonnet,	—	Thirion, Lencauchez, de Dax.
H. Bouruet-Aubertot,	—	L. Appert, Pérignon, M. Appert.
L. Chambon,	—	Delaperrière, Fayollet, Auriol.
J.-A. Dreyfus,	—	Dumartin, Bernheim, A. Dreyfus.
J.-P. Ferrière,	—	Rey, Mocqueris, S. Périssé.
G.-E.-E. Fischer,	—	Molinos, F. Delmas, G. Dumont.
L.-P. Frey,	—	du Bousquet, Hart, Rodrigue.
Ch.-E. Gauthier-Lathuille,	—	Carrot, A. Moreau, de Dax.
L.-A. Lambert,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
E.-R. Monod,	—	de Marchena, F. Clerc, de Perrodil.
A. Nançon,	—	Rousset, E. Simon, Mamy.
A.-A. Paul-Dubos,	—	Jordan, Gallois, Hutteau.
E.-M.-A. Picard,	—	Bodin, Carimantrand, Mallet.
A. Radice,	—	Baclé, Bonnaud, de Dax.
H.-R.-L. Reincke,	—	Geay, A. Rubin, Lowe.
E.-L. Roullet,	—	Blétry, Hegelbacher, de Dax.
Ch.-A. Sabatier,	—	H. Couriot, Kern, E. Bert.
A. Sainte-Beuve,	—	Jannettaz, Ruchonnet, Tourneur.
A. Sauvert,	—	Bernheim, de Nansouty, Minder, Collin.
G. Trouvé,	—	Gassaud, de Dax, Chassévent.

Comme Membres associés, MM. :

A. Cercelet,	présenté par MM.	Carimantrand, Lévi, Mallet.
H. Chartran,	—	L. Appert, E. Garnier, Guyenet.
E.-J.-J. Cormerais,	—	Olivier, Lotz-Brissonneau, de Dax.
P.-A. Guion,	—	Carimantrand, Orsatti, Damien.
Ph. Morand,	—	Molinos, F. Delmas. G. Dumont.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 FÉVRIER 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société les décès de :

M. le baron G. d'Adelsward, Président du Conseil d'administration des aciéries de Longwy, ancien administrateur des aciéries d'Angleur, chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1881 ;

M. Henri-B. Govignon, Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien élève des Écoles d'Arts et Métiers, ancien Ingénieur de la Compagnie de l'Est-Algérien et ancien Ingénieur divisionnaire de la ligne Salonique-Monastir, commandeur de l'ordre du Medjidié, membre de la Société depuis 1873.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'informer la Société que :

M. E. Cacheux a été nommé officier du Cambodge et officier du Dragon d'Annam ;

M. Forest a été nommé officier de l'ordre du Medjidié.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, liste qui est publiée à la suite du procès-verbal. Il signale spécialement les ouvrages suivants :

Méthode d'analyse des fers, fontes et aciers, par M. AD. CARNOT ;

Eclairage des côtes, notice sur les feux-éclairs à l'huile et à l'électricité, par M. JEAN REY, suivie d'un tarif descriptif des appareils construits par MM. SAUTTER et HARLÉ ;

Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893, par MM. CH. GRILLE et H. FALCONNET (7e partie). — *La Marine des États-Unis*, en collaboration avec M. L. BERTIN ;

Rapport sur les achats de matériel faits en Europe par le Gouvernement Brésilien pendant les années 1894 et 1895, ainsi que la lettre annexée de M. Pedro Betim Paes Leme; notre collègue fait ressortir l'intérêt que l'industrie française peut retirer des données fournies par ce rapport. — Possibilité pour elle de prendre une part plus grande aux fournitures faites au Brésil. — Prix minima auxquels on peut obtenir à l'étranger les produits similaires à ceux qui se fabriquent en France. — Importance des débouchés. — Époque des fournitures, etc.

M. le Président dit que la Société a reçu de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Postes et Télégraphes trois lettres relatives à des travaux à l'étranger, dont M. le Secrétaire donne lecture.

La première prévient les membres de la Société que M. Jules-Eugène Weil, Ingénieur des Arts et Manufactures *(promotion 1889)*, directeur du laboratoire d'hygiène de l'État de Pernambuco, et chargé de mission au Brésil par M. le Ministre du Commerce, a fait parvenir au Ministère un plan de la ville de Pernambuco et de ses environs, et un plan rapidement levé du port, portant l'indication de certains travaux à faire pour l'amélioration de ce port; elle ajoute que M. J.-E. Weil reste à la disposition de ses compatriotes qui désireraient des renseignements complémentaires. Le *Moniteur officiel du Commerce* du 30 janvier contient, d'ailleurs, un rapport très intéressant pour les Ingénieurs et Entrepreneurs français qui désireraient obtenir la concession de travaux publics au Brésil.

La seconde nous informe que M. Wiener, consul général et chargé d'affaires de France, à qui M. le Ministre des Affaires Etrangères a confié une mission dans l'Amérique du Sud, vient d'adresser à son département un rapport relatif à des questions de travaux publics et entreprises diverses projetées à Manaos, à Iquitos et dans les Echelles amazoniennes.

La troisième est relative aussi à la mission commerciale confiée, dans l'Amérique du Sud, à M. le Consul général Wiener. Les Chambres de l'Etat brésilien de Minas-Geraes ont voté la construction d'une nouvelle capitale appropriée aux besoins de la vie contemporaine; cette capitale portera le nom de Minas. Plusieurs maisons étrangères ont déjà obtenu des concessions de travaux; M. Wiener ne doute pas, d'après les renseignements recueillis par lui, que les offres émanant d'industriels français ne soient favorablement accueillies; on mettra sous peu en adjudication l'éclairage de la ville et les tramways électriques, et plusieurs centaines de maisons restent encore à entreprendre et à construire.

Au nom de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, M. le Président insiste d'une manière toute spéciale auprès de ses Collègues sur l'intérêt que présentent, pour les Ingénieurs et les Entrepreneurs français, les renseignements que le Ministère du Commerce recueille directement par ses chargés de mission, ou que recueillent nos agents diplomatiques et consulaires à l'étranger, et que lui transmet le département des Affaires Etrangères.

Tous ces renseignements sont à la disposition du public, à la Direction du Commerce (3e bureau), 80, rue de Varenne. M. le Ministre regrette qu'ils n'y soient pas fréquemment consultés par les Ingénieurs et Entrepreneurs français.

M. le Président dit qu'il a reçu de M. E. Cacheux douze documents très intéressants, relatifs à la question des habitations ouvrières, que notre Collègue a remis à la Société, au nom de M. le Ministre du Commerce; il y a joint une notice qui les résume et qui indique l'état de la question. Au nombre de ces documents, figure le texte de l'importante loi du 30 novembre 1894 relative aux habitations à bon marché, loi qui déroge sur plusieurs points au Code civil, qui permet, sous certaines réserves, à la Caisse des Dépôts et Consignations de prêter à 3 0/0, en vue de faciliter la construction de ces habitations, et permet également aux bureaux de bienfaisance, hospices et hôpitaux d'employer une fraction de leur patrimoine à la construction de ces maisons ; et divers rapports, règlements d'administration publique, circulaires et arrêtés relatifs à l'application de cette loi.

La note et les documents qu'a bien voulu nous faire parvenir M. Cacheux seront consultés avec fruit à la Bibliothèque par les nombreux Collègues que ces questions préoccupent vivement.

M. le Président rappelle que l'Assemblée a à désigner trois membres pour faire partie du jury du Prix Couvreux. Divers noms proposés à l'Assemblée sont inscrits sur le tableau; il est ensuite procédé à l'élection.

MM. A. Couvreux, G. Dumont et L. Coiseau sont désignés comme membres du Jury.

M. le Président donne ensuite la parole à M. Ed. Coignet pour sa communication sur l'*Examen des résultats donnés par les expériences de la* Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne, *sur les résistances comparées d'ouvrages métalliques, en maçonnerie, en béton et en ossature métallique de divers systèmes.*

M. Edmond Coignet décrit rapidement les modes de construction et d'épreuves des voûtes et arcs expérimentés, à l'aide de photographies prises au moment des charges et projetées au tableau.

M. Ed. Coignet dit qu'il y a lieu tout d'abord d'adresser les plus grands éloges à l'initiative hardie dont l'Association des Ingénieurs et Architectes Autrichiens à fait preuve, et de reconnaître les services qu'elle a rendus à l'art de l'Ingénieur, par l'autorité de ces expériences. Il se permettra, toutefois, de présenter quelques critiques sur la manière dont on a procédé; il regrette les conditions inégales dans lesquelles ont été placés les divers matériaux, les diverses voûtes. En faisant varier ainsi à la fois tous les facteurs de la résistance, on a réduit un peu l'intérêt de ces expériences grandioses. C'est ainsi que les différences de forme, de dosage, d'encastrement, ont rendu très difficile la comparaison que l'on se proposait d'établir entre les divers modes de construction.

La plupart des conclusions du rapport n'en ont pas moins une grande portée. Quelques-unes, cependant, paraissent prêter à la critique et être

en contradiction avec les résultats obtenus. Il semble que la Commission n'a pas osé aller jusqu'au bout de ses conclusions, en ce qui concerne le ciment armé, qui cependant, d'après les diagrammes d'élasticité donnés par le rapport de la Commission des voûtes, suit de très près l'arc métallique, Le béton vient après, puis à grande distance l'arc en moellons et celui en briques.

Ces diagrammes, courbes représentatives des abaissements d'un point en fonction des charges, donnent lieu aux observations suivantes :

1° Les diverses voûtes de 23 *m* de portée ont montré que le solide passait par trois phases bien distinctes : la première, celle de *proportionnalité*, pendant laquelle les déformations sont à peu près proportionnelles aux charges; la *période critique*, dans laquelle se forment les premières fissures, mais durant et après laquelle on a pu accumuler des charges considérables avant de déterminer la rupture; enfin, la *période dangereuse* pour laquelle les abaissements croissent d'une façon inquiétante;

2° Quand les charges ont été enlevées, les déformations permanentes qui se sont manifestées ont été très sensibles, mais il faut remarquer qu'en replaçant les charges enlevées, l'arc a néanmoins repris ses déformations primitives, et les deux premières droites représentatives des abaissements, pendant la période de proportionnalité d'une part, et la période critique de l'autre, ont été remplacées par une seule droite;

3° Enfin, on a pu observer l'influence de la durée des charges; les déformations se sont accrues de 5 à 10 0/0 pendant les quelques heures que le solide est resté sous l'effet des charges, et ce phénomène a été également observé, même avant la période critique, pour l'arc métallique, et ce, dans des proportions comparables à celles des autres voûtes.

La Commission n'en a pas moins reconnu les qualités manifestes du béton et du ciment armé au point de vue de la résistance à l'extension (le premier a rompu à 18 *kg* et le second à 40 *kg* à l'extension, bien qu'il ne contint que 1 0/0 de métal). La maçonnerie appareillée a supporté 8 à 10 *kg* à l'extension. La Commission en conclut que l'on peut tenir compte, dans une faible mesure, de cette résistance dans les constructions avec mortier de ciment. M. Souleyre, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est plus hardi : il admet un travail à l'extension de 6 à 7 *kg*, pour ces maçonneries.

Mais le but principal de ces expériences a été atteint. Il a été vérifié que la théorie des arcs élastiques est complètement d'accord avec les résultats de la pratique, non seulement pour l'arc métallique, mais aussi pour les arcs en maçonnerie, de sorte que le calcul des arcs élastiques peut s'appliquer à la détermination des voûtes maçonnées. La Commission ne manque pas de le déclarer fermement, au moins en ce qui concerne toutes les voûtes essayées, sauf le ciment armé. Cette réticence ne peut guère s'expliquer, attendu qu'il ressort des diagrammes élastiques donnés par la Commission que le ciment armé a manifesté des qualités élastiques encore plus nettes que le béton pour lequel elle se prononce sans hésitation. Elle ne peut invoquer d'autre raison que le peu d'extension qu'elle a donné au calcul de l'arc en ciment armé; mais cette raison n'en est pas une, puisque cette théorie repose sur les mêmes bases que le diagramme.

M. Edmond Coignet en conclut que si cette théorie est applicable au béton, elle l'est *a fortiori* au ciment armé; M. Coignet a rappelé que M. Résal lui avait donné le conseil de calculer comme un arc métallique le pont en ciment armé d'une seul arche de 112 *m* de portée, qu'il avait projeté pour l'Exposition de 1900. Il dit ensuite quelques mots de la méthode suivie et des dispositions de construction qu'il se proposait de prendre.

Parmi les conclusions critiquées, se trouve celle où la Commission, tout en reconnaissant que la faiblesse des voûtes réside dans leur peu de résistance à l'extension, ajoute que cette faiblesse fait leur sécurité. Cette conclusion est en contradiction avec le résultat des expériences, puisque les voûtes qui ont le plus supporté, qui ont donné le plus de sécurité, ont été celles qui ont le mieux résisté à l'extension.

Il ne faut pas conclure avec la Commission qu'il y a lieu de continuer cependant à exagérer les sections en rapport avec le peu de résistance des matériaux à l'extension, mais plutôt de placer la section là où la théorie l'indique, en un un mot de donner aux arcs la forme qui convient aux matériaux qui les composent.

Enfin, dans le chapitre des conseils pratiques, la Commission donne les épaisseurs à la clef qu'il convient de prendre pour diverses parties pour des arcs surbaissés entre 1/2 et 1/5. Ces épaisseurs sont proportionnelles aux parties. Or la théorie condamne absolument cette règle; elle montre, au contraire, que pour chaque surbaissement, il est une partie économique qui varie proportionnellement à la résistance de la pierre, et non à l'épaisseur de la clef.

Elle conseille également de donner la préférence à la pierre de taille naturelle ou artificielle, quand la portée dépasse 40 *m*, c'est-à-dire elle conseille de n'employer le béton qu'à la condition de lui enlever sa principale qualité, sa résistance considérable à l'extension.

M. Edmond Coignet termine, en disant que s'il lui était permis d'exprimer des vœux, il exprimerait les deux suivants :

1° Que, prenant exemple sur l'Association des Ingénieurs et Architectes Autrichiens, qu'il félicite à nouveau, la Société des Ingénieurs Civils de France, se rappelant que c'est dans notre pays que le béton et le ciment armé ont pris naissance, décide de continuer l'œuvre de ses Collègues Autrichiens. Les fonds nécessaires seraient faciles à réunir, si tous ceux qui auraient intérêt à ce que de pareilles expériences soient entreprises, l'État et les grandes Compagnies de chemins de fer tout d'abord, voulaient bien y participer;

2° Que l'on élève une statue à Vicat, à qui on doit le ciment, âme de toutes les constructions modernes.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Ed. Coignet de sa très intéressante communication; notre Collègue critique non sans raison la méthode suivie dans les expériences de Vienne, méthode qui ne permet pas, par la variation simultanée de toutes les conditions d'établissement des diverses voûtes essayées, de tirer des conclusions bien nettes. Néanmoins, il faut remercier la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne d'avoir pris l'initiative de ces utiles expériences.

M. le Président ne peut que se joindre à M. Coignet pour exprimer le vœu que de semblables expériences soient entreprises par notre Société, mais c'est là une question de budget qui ne peut encore être résolue actuellement.

M. F. Chaudy remarque que dans la communication que M. Ed. Coignet a présentée il y a deux ans à la Société, en collaboration avec M. de Tedesco, nos collègues ont beaucoup insisté sur les poutres droites en ciment armé et sur les pièces soumises à des efforts d'extension.

Puisque M. Ed. Coignet n'a rien dit à ce sujet, aujourd'hui, il y a lieu de supposer que c'est parce que les Ingénieurs Autrichiens n'ont fait aucune expérience sur les poutres droites et sur les réservoirs cylindriques. M. Chaudy pense qu'il faudrait, peut-être, voir dans cette abstention une sorte de manifestation de cette opinion que le ciment armé, tel qu'il est fabriqué jusqu'ici par les constructeurs, ne convient pas pour les pièces de dimensions importantes soumises à des efforts exclusifs d'extension, ou même encore pour celles qui supportent des efforts d'extension de même ordre que les efforts de compression. C'est cette opinion que M. Chaudy a émise lors de la discussion du mémoire de MM. Coignet et de Tedesco sur le calcul de ces genres de pièces. En particulier, il a fait remarquer que les poutres droites en ciment armé ne peuvent bien se comporter que si on prend certaines dispositions qui mettent le ciment à l'abri des trop grands efforts d'extension, tout en permettant au métal de travailler à un taux normal, soit 8 *kg* par millimètre carré.

M. Ed. Coignet répond que le rapport de la Commission est muet en effet sur les poutres droites pour la bonne raison que les essais ont porté *exclusivement* sur des voûtes; que ce simple fait lui paraît une raison que M. Chaudy devrait estimer suffisante pour qu'on ne trouve pas d'opinion exprimée par les Ingénieurs Autrichiens sur la construction des poutres droites. Il fait remarquer que la communication faite par M. de Tedesco et par lui a eu justement pour but d'indiquer les méthodes de calcul à appliquer pour faire travailler chaque matériau à l'extension ou à la compression dans les conditions voulues, et que, d'ailleurs, la remarque, faite par les Ingénieurs Autrichiens, que le commencement de la période où des fissures se produisent dans les parties travaillant à l'extension est fort loin de la période réellement dangereuse, s'applique encore plus justement dans les constructions en poutre droite; il lui paraît enfin que les Ingénieurs Autrichiens auraient eu tort de critiquer le mode de construction en poutres droites, vu les résultats donnés par ce mode de construction qui se répand tous les jours davantage.

Quant aux critiques présentées il y a deux ans par M. Chaudy sur ce mode de construction, il croit les avoir entièrement réfutées à cette époque et ne pense pas devoir rouvrir le débat à ce sujet.

M. Bertrand de Fontviolant demande si les auteurs des expériences qui viennent d'être rapportées ont cherché à déterminer les coefficients d'élasticité à la compression et à l'extension des pierres, briques et agglomérés divers. D'après des essais relatés dans un ouvrage anglais

que M. de Fontviolant a eu l'occasion de parcourir, il n'y aurait pas, en général, pour les pierres, de *période de déformation proportionnelle à l'effort;* ces matériaux ne posséderaient donc pas de coefficient d'élasticité ou, pour parler plus correctement, ce coefficient varierait avec l'intensité de l'effort. Il serait intéressant de savoir si pareil fait a été constaté, soit par l'Association des Ingénieurs et Architectes de Vienne, soit par d'autres expérimentateurs.

M. Ed. Coignet répond que tous les diagrammes dont il vient de parler montrent une période importante de déformation proportionnelle à l'effort, que d'ailleurs dans le rapport de la Commission on trouve les coefficients d'élasticité du mortier et du béton, à l'extension et à la compression; cette différence est assez faible. M. Ed. Coignet ajoute qu'il ne saurait préciser comment on a pu mesurer le coefficient d'élasticité à l'extension (à moins de le supposer égal au coefficient à la compression), mais il a lui-même, en collaboration avec M. de Tedesco, établi différents coefficients d'élasticité à la compression suivant les dosages du béton. M. Durand-Claye avait déjà fait des travaux et fourni des nombres à ce sujet : M. Coignet n'a fait qu'utiliser son appareil. D'ailleurs, M. Souleyre a également fait de nombreuses expériences à ce sujet.

M. E. Badois ajoute à ce qui vient d'être dit par M. Coignet qu'il sait que M. Le Chatelier a fait à ce sujet des expériences sur des cubes de pierre, de briques, de béton, de ciment, etc., à l'aide d'une presse pourvue d'un appareil d'enregistrement. M. Lechatelier obtenait ainsi une courbe, avec point singulier, qui consistait d'abord en une ligne presque droite, qui changeait ensuite brusquement d'inclinaison : ces résultats ont dû être publiés dans les *Annales des Ponts et Chaussées* vers 1889. Il résulte de la forme de la courbe représentative du phénomène qu'il y a une période pendant laquelle les compressions sont à peu près proportionnelles aux charges; il y a commencement de rupture au moment où la courbe s'infléchit brusquement et marque nettement la séparation entre la déformation élastique et l'écrasement.

M. le Président après avoir demandé si personne n'a plus de questions à poser à M. Ed. Coignet donne la parole à M. H. de Grièges pour sa communication sur *Les progrès de la traction électrique dans les Chemins de fer.*

M. H. de Grièges expose en quelques mots les expériences de traction électrique faites en 1894 sous la haute direction de M. l'Ingénieur en Chef Clérault, à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Grâce à ces expériences, qui ont été publiées dans le Bulletin du Congrès international des chemins de fer, la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest a pu relever de nombreux coefficients qui ont permis d'établir les bases de deux nouvelles locomotives.

Dans l'étude de ces deux nouvelles locomotives, de grandes difficultés se sont présentées. On s'était proposé de construire des machines d'une puissance de 1400 *ch*, alors que la « Fusée » ne pouvait donner que 600 *ch*.

M. H. de Grièges fait remarquer qu'on s'est attaché tout particulièrement à augmenter, dans les plus larges proportions possibles, la surface de grille et par conséquent la surface de chauffe directe.

Les locomotives françaises les plus puissantes ont une surface de grille qui ne dépasse pas 2,40 m^2; dans les nouvelles locomotives électriques, on a pu avoir une surface de grille de 3,40 m^2, c'est donc, dit M. H. de Grièges, une augmentation de plus d'un tiers, on espère ainsi pouvoir faire 1 500 *ch* au lieu de 1 000.

M. H. de Grièges indique ensuite les difficultés rencontrées dans la recherche d'une machine à vapeur mathématiquement équilibrée, insistant sur l'importance qu'il y a à supprimer les vibrations d'une machine à vapeur placée sur le bâti d'un véhicule porté sur des ressorts.

La machine à six manivelles proposée par M. Mazen, Inspecteur de la Traction des chemins de fer de l'Ouest, remplit à merveille ces conditions.

Cette machine, mathématiquement équilibrée, peut rendre aussi de très grands services à la navigation.

MM. Normand, Bienaymé et Hart ont, en effet, signalé depuis longtemps les immenses inconvénients des machines à grande vitesse employées sur les torpilleurs; les perturbations produites par ces machines sont telles qu'elles font perdre aux navires une notable fraction de leur vitesse.

M. H. de Grièges est heureux de pouvoir annoncer que la Compagnie de l'Ouest, ne voulant s'inféoder à aucun système, est en train de faire installer une ligne à conducteur électrique entre Saint-Germain-Ouest et Saint-Germain-Grande-Ceinture.

On peut espérer ainsi que, pour l'été prochain, on verra circuler deux nouvelles locomotives système Heilmann et des trains remorqués par des locomotives à conducteur sur la ligne de Saint-Germain.

M. L. Rey demande à M. H. de Grièges quel est le poids de la nouvelle locomotive électrique, pour pouvoir faire une comparaison avec les locomotives ordinaires; la locomotive compound du Nord, par exemple, pèse 48 *t*, son tender 33, en tout 81 *t*, et elle développe facilement, en service courant, 850 à 900 *ch* mesurés à la jante des roues.

M. H. de Grièges répond qu'il pense que la nouvelle machine électrique pèsera 120 *t*, soit, comme elle a huit essieux, 15 *t* par essieu; sa machine à vapeur a une force de 1 350 *ch*, c'est-à-dire, à poids égal, très sensiblement la même force que la machine du Nord.

M. J.-A. Pulin fait observer que les locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie du Nord développent fréquemment 1 000 *ch* et plus, sur leurs pistons. Ce travail peut être obtenu d'une façon assez continue sur les rampes de 5 *mm* par mètre, notamment sur celle de 20 *km* de longueur qui s'étend entre Saint-Denis et Survilliers, et qui est coupée seulement par de courts paliers, au passage des gares.

Sur une question qui lui est posée par M. le Président, M. J.-A. Pulin ajoute que la force de 1 000 *ch* indiqués n'est nullement exagérée pour ces machines: elles la développent toutes les fois qu'il y a un coup de

collier à donner, et facilement pendant vingt minutes; à plusieurs reprises, on a relevé sur une de ces machines, en rampe de 5 *mm*, des diagrammes faisant ressortir nettement une puissance de 1 100 *ch* et plus, sur les pistons.

M. LE PRÉSIDENT constate qu'il y a progrès dans la nouvelle locomotive électrique, car la première, croit-il, pesait 115 *t* et avait une puissance de 600 *ch*, tandis que la nouvelle, pour un poids de 120 *t*, donne une puissance de 1 350 *ch*, mais il demande si la surface de chauffe est suffisante pour subvenir à ce travail.

M. H. DE GRIÈGES dit que la surface de chauffe totale est de 185 m^2, comptée à l'intérieur des tubes et serait portée à 270 m^2 par l'adoption des tubes Serve; la surface de chauffe directe est de 16 m^2.

M. L. REY fait remarqur qu'un travail de 1 000 *ch*, produit par la locomotive du Nord, correspond à 6,5 *ch* par mètre carré de surface de chauffe totale, tandis qu'avec la locomotive électrique une puissance de 1 350 *ch* correspondrait à 6,75 *ch* en employant des tubes lisses et à 5 *ch* seulement si la chaudière était munie de tubes à ailettes.

De plus, la chaudière de la locomotive électrique aura une surface de chauffe directe de 16 m^2, tandis que celle de la locomotive du Nord n'est que de 11 m^2.

M. ED. COIGNET fait observer que dans les locomotives le point le plus intéressant n'est pas la puissance des machines indiquée dans les cylindres, mais surtout l'effort développé sur le crochet d'attelage : une machine produisant 1 000 *ch* et en consommant 300 sera inférieure à une machine qui n'en produit que 900, mais n'en consomme que 150. La machine Heilmann présente un avantage de cette nature, à cause de sa faible résistance au roulement, qui est de 6 *kg* environ, au lieu de 9 à 11 *kg* comme pour les locomotives compound et à même vitesse. La résistance au roulement a été déterminée par les expériences de la Compagnie de l'Ouest, et il n'y a pas de doute que les avantages soient considérables. M. N. Mazen pourrait d'ailleurs fournir à la Société des indications très précises à ce sujet.

M. N. MAZEN répond qu'à la vitesse de 100 *km*, la résistance au roulement de la *Fusée* est de 7 *kg*, tandis que celle des machines express ordinaires de l'Ouest est de 12,50 *kg*, à la vitesse de 62 *km*.

M. L. REY demande à M. H. de Grièges s'il peut indiquer avec exactitude quel est le rendement économique de la machine, c'est-à-dire le rapport du travail sur le crochet de traction au travail sur les pistons.

M. H. DE GRIÈGES répond que ce rendement est d'environ 70 0/0.

M. L. REY manifeste son étonnement du chiffre que lui indique M. H. de Grièges, d'un rendement de 70 0/0; il lui semble qu'il avait entendu parler d'un rendement de 28 à 30 0/0. Il demande si le chiffre de 70 0/0 a été reconnu d'une manière certaine et publié officiellement.

M. N. MAZEN dit que les essais officiels ont été faits à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest et M. H. de GRIÈGES ajoute qu'ils ont été

officiellement publiés dans le *Compte rendu du Congrès des Chemins de fer.*

M. L. Rey reconnaît que du moment que la locomotive électrique donne un rendement de 65 à 70 0/0, elle se trouve en état de supériorité par rapport aux meilleures machines du Nord, dont le rendement peut atteindre 60 0/0, mais ne dépasse guère, d'ordinaire, 50 à 55 0/0;

M. G. Richard demande si dans les chiffres de la résistance au roulement on a ajouté quelque chose pour représenter les résistances passives de la machine; si on ne l'a pas fait, il faudrait comparer les résistances de la machine découplée. A-t-on tenu compte de cette résistance ?

M. L. Rey remarque que ces chiffres sont comparables dans les deux cas; on examine le rapport entre le travail utile disponible sur le crochet d'attelage de la machine et le travail développé sur les pistons.

M. N. Mazen croit que ces rapports varient avec les vitesses et que, par suite, il est extrêmement difficile de les déterminer. Mais si l'on compare les chaudières, on voit que pour la machine du Nord la surface de chauffe est de 109 m^2 avec des tubes lisses, portée à 155 m^2 par l'emploi de tubes Serve; dans les nouvelles locomotives électriques, avec tubes lisses (comparables aux anciens tubes de la machine du Nord) la surface de chauffe est de 185 m^2, soit presque moitié en plus : on peut déduire de là la puissance.

M. J.-A. Pulin fait observer que la puissance de la machine à vapeur n'est pas en cause; ce qui est intéressant, c'est la question des rendements; et il demande si l'on peut prévoir un rendement des dynamos génératrices et des dynamos réceptrices.

M. N. Mazen dit que l'évaluation à 1 350 *ch* de la force indiquée de la machine à vapeur installée sur la nouvelle locomotive électrique, ne peut être contestée, eu égard à la surface de grille, égale à 3,4 m^2 et au fonctionnement compound à triple expansion.

L'uniformité parfaite des moments de rotation des essieux, rendus moteurs au moyen d'un couple, est aussi une solution avantageuse à certains points de vue. Mais ce qu'il faut surtout examiner de très près, c'est la question des rendements partiels et du rendement total de cette nouvelle locomotive.

M. N. Mazen affirme que le rendement développé à la jante des roues sera au moins de 67 0/0 du travail développé aux cylindres. Il considère que le problème se résume en ceci : quelle est la quantité de chevaux nécessaire pour remorquer à la vitesse de 100 *km* une locomotive ordinaire, et quelle est la quantité de chevaux nécessaire pour remorquer à la même vitesse une locomotive électrique de 120 *t*? S'il s'agit d'une machine locomotive ordinaire produisant 1 000 *ch* et en absorbant 500, il en restera 500 disponibles au crochet d'attelage. Si la locomotive électrique développe 1 000 *ch* aux jantes, et si elle n'absorbe que 350 à 400 *ch*, il arrivera qu'on aura au crochet d'attelage une puissance disponible plus considérable qu'avec la première locomotive.

L'objection c'est que la machine étant très lourde absorbera dans les

rampes une grande partie de sa force, puisqu'elle a à se remorquer. L'expérience démontrera si dans les rampes c'est la machine électrique ou la machine ordinaire à vapeur qui a l'avantage.

M. J.-A. Pulin ne doute pas qu'il y ait une confusion au sujet de ce coefficient de 67 0/0 déjà précédemment indiqué comme représentant le rapport du travail évalué au crochet de traction de la machine au travail sur les pistons.

M. P. Regnard tient à demander à M. H. de Grièges combien il y a de pistons dans la machine en question. S'il a bien compris le dessin qui est au tableau, elle est du système Willans ; or, ces machines comportent, en général, trois pistons en ligne sur une même tige, lesquels fonctionnent dans trois corps cylindriques superposés.

Comme sur le plan de l'installation qui nous est présenté on aperçoit six tiges, cela correspondrait à dix-huit pistons fonctionnant dans dix-huit cylindres. Or, M. H. de Grièges a fait dans sa communication, un grief aux locomotives compound d'en posséder quatre. Sans rien prétendre enlever au mérite de la machine qui vient d'être décrite, M. Regnard dit que ce simple rapprochement lui paraît ôter quelque valeur à cette critique de la machine locomotive compound, qui a, d'ailleurs, fait ses preuves et qui est aujourd'hui de plus en plus répandue, non seulement en Europe, mais aussi de l'autre côté de l'Atlantique.

M. H. de Grièges fait remarquer que la machine à vapeur n'est pas du type Willans qui comporterait une distribution centrale; la distribution est, au contraire, latérale comme dans les machines ordinaires de torpilleurs. En outre, fonctionnant en compound simple, chacune des six manivelles est actionnée par une seule tige comportant deux pistons, et non trois.

M. N. Mazen ajoute que la machine électrique a un avantage dont il y a lieu de tenir compte : c'est la diminution de la dépense de travail dans les pentes. La machine électrique descend, à vitesse constante, une pente de 7 *mm* à la vitesse de 100 *km* à l'heure; tandis que pour qu'une machine locomotive ordinaire, dételée, descende une pente à vitesse constante à cette même vitesse de 100 *km*, il est nécessaire que cette pente ait 13 ou 14 *mm*.

Pour marcher à 400 tours et cependant éviter les grandes vitesses de piston, il faut diviser la machine en un très grand nombre de cylindres et avoir des petits cylindres et de petites courses, ce qui permet d'alléger la machine. La machine en question n'a qu'une course de 0,40 *m*, tandis qu'avec un seul cylindre, elle devrait avoir une course beaucoup plus grande, ne pourrait tourner qu'à plus faible vitesse, et par suite serait plus lourde. La machine actuelle ne pèse que 8 *t*. Le gain est relativement important, car le poids de la machine varie ainsi du simple au double.

M. H. de Grièges fait observer que le bénéfice s'augmente de celui qu'on réalise sur les dynamos génératrices par suite du grand nombre de tours.

M. N. Mazen fait remarquer que cette machine est calculée pour marcher à vitesse variable, mais la détente est constante. Si on n'a besoin que de 600 *ch*, on tourne à 100 tours, mais sans faire varier la détente.

M. le Président croit qu'outre l'avantage qui vient d'être signalé dans les descentes, la locomotive électrique a également à la remonte un avantage qui provient de l'indépendance du mécanisme. Au contraire, pour la locomotive à vapeur, le nombre de coups de piston est proportionnel à la vitesse, en sorte que ce nombre diminue lorsqu'il faudrait, au contraire, qu'il augmentât avec le travail à produire, tandis que la machine à vapeur de la locomotive électrique peut toujours travailler dans des conditions normales.

La Société apprendra avec le plus grand intérêt le résultat des expériences qui auront lieu, avec cette machine, l'été prochain, d'après ce qu'a fait espérer M. de Grièges. Ces essais seront très intéressants et il faut leur souhaiter le plus grand succès. M. le Président se demande, toutefois, si cette machine réalise la véritable solution du problème et s'il ne conviendrait pas plutôt de recourir à des machines fixes.

M. H. de Grièges répond que c'est évidemment la solution pour les lignes de banlieue.

M. L. Rey demande à poser encore une question. A-t-il été pris des précautions spéciales pour éviter la flexion de l'arbre de la machine, car cet arbre, actionné par deux rangées de six cylindres, doit avoir une grande longueur ?

M. N. Mazen répond que la machine est supportée aux deux bouts et qu'il y a un bâti en acier coulé, fondu par la maison Robert, qui est très rigide et très résistant. Le métal employé a une résistance de 83 *kg* par millimètre carré et un allongement de 8 à 10 0/0; le bâti pour une longueur de 3,50 *m* a un poids de 1 700 à 1 800 *kg*.

M. L. Rey appelle l'attention de la Société sur ce dernier chiffre qu'il trouve absolument remarquable à cause du faible poids. Il est facile de faire un bâti résistant; mais obtenir un bâti rigide est, au contraire, difficile à réaliser, surtout avec une pareille légèreté.

M. le Président remercie vivement M. H. de Grièges de la communication à laquelle l'Assemblée a pris un grand intérêt comme il a pu, du reste, s'en rendre compte; elle sera certainement suivie d'une autre plus intéressante encore: celle où M. H. de Grièges apportera les résultats des essais faits par la Compagnie de l'Ouest, donnant la sanction de l'expérience à ce qui a été si bien étudié.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. P.-L.-J. Benoist, G.-E. Fischer, Ch.-E. Gauthier-Lathuille, E.-M.-A. Picard, A. Radice, E.-L. Roullet, Ch.-A. Sabatier, A. Sainte-Beuve, comme membres sociétaires, et de

MM. P.-A. Guion et Ph. Morand, comme membres associés.

MM. J. Bonnet, H. Bouruet-Aubertot, L. Chambon, A.-A. Paul-Dubos, J.-A. Dreyfus, J.-P. Ferrière, L.-P. Frey, L.-A. Lambert, E.-R. Monod, A. Nançon, H.-R.-L. Reincke, A. Sauvert et G. Trouvé sont reçus membres sociétaires et

MM. A. Cercelet, H. Chartran et E.-J. Cormerais, comme membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 FÉVRIER 1896.

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. DU BOUSQUET demande à présenter quelques observations au sujet du compte rendu de la dernière séance à laquelle il n'a pu assister et s'exprime ainsi :

MESSIEURS,

J'ai eu le très grand plaisir d'examiner, l'autre jour, avec M. E. Polonceau, la locomotive à vapeur à transmission électrique, qui est en construction chez Cail. M. Clérault, notre collègue, avait bien voulu nous en faire les honneurs. Nous avons vu une machine très bien étudiée, très bien conçue, répondant parfaitement au but qu'on voulait atteindre de transmettre le mouvement aux roues par l'électricité, et parfaitement exécutée par la Maison Cail. Il sera donc extrêmement intéressant de la voir à l'œuvre.

J'ai pris connaissance aussi du compte rendu de la dernière séance, à laquelle je n'ai malheureusement pas pu assister, et je voudrais, à cet égard, vous faire quelques observations. Je suivrai rigoureusement le compte rendu.

La première chose que je remarque est celle-ci :

« M. Mazen dit qu'à la vitesse de 100 *km*, la résistance au roulement de la *Fusée* est de 7 *kg*, tandis que celle des machines express ordinaires de l'Ouest est de 12,50 *kg*, à la vitesse de 62 *km*. »

Il est parfaitement exact que, si on abandonne une machine, telle que la *Fusée*, sur une pente de 7 à 8 *mm*, après avoir débrayé tout son mouvement, c'est-à-dire supprimé absolument toutes ses résistances passives, elle prendra une vitesse de 100 *km* à l'heure; sa résistance est donc de 7 à 8 *kg*. Pourquoi cette résistance est-elle si faible? C'est parce que cette machine est devenue un simple véhicule; ses essieux ne sont plus reliés avec la machine à vapeur; il y a eu débrayage complet et, par conséquent, il n'existe aucune espèce de raison pour que sa résistance soit plus grande que celle des véhicules.

Pourquoi, au contraire, la résistance d'une machine locomotive ordinaire est-elle relativement si grande? C'est parce qu'elle n'est pas débrayée. Mais il ne faut pas croire que ce soit uniquement parce que les bielles d'accouplement et les bielles motrices, continuant à tourner, des frottements se produisent sur les glissières, sur les boutons de manivelles et sur les cylindres. Il y a une autre raison capitale : quand on ferme le régulateur d'une machine locomotive, on fait le vide dans les

cylindres et, par conséquent, on crée une contre-pression derrière les pistons, contre-pression qu'il faut vaincre. Cette contre-pression peut être plus ou moins grande, suivant les cas. Si la machine a des tiroirs ordinaires, ils agissent à la façon d'une soupape, se soulèvent, l'air rentre en partie, puis est évacué. Cette résistance est très importante : avec un 1/2 *kg* de contre-pression, la machine absorbe, à 62 *km*, une force de 80 *ch*, correspondant à 4,3 *kg* de résistance par tonne.

Lorsque, au lieu de tiroirs ordinaires, on a des tiroirs équilibrés, la résistance est encore plus grande, parce que les tiroirs ne se soulèvent pas aussi facilement. Aussi faut-il, dans certains cas, faire rentrer l'air par des soupapes d'aspiration. C'est ce qui existe sur un certain nombre de machines de l'Etat français.

Il résulte de là que la locomotive à transmission électrique, descendant une pente de 7 *mm* à régulateur fermé, pourra prendre une vitesse de 100 *km* à l'heure, tandis que la locomotive ordinaire ne le pourra qu'en consommant de la vapeur. Il y a là un avantage incontestable pour certains trains. Malheureusement, sur les grandes lignes où circulent nos trains rapides, les pentes de 7 *mm* sont extrêmement rares ; on ne rencontre guère que des pentes de 5 *mm*, et nos itinéraires exigent de les descendre à 115 *km* à l'heure. Dès lors, il faudra donner de la vapeur avec l'un et l'autre système de machines.

Quoi qu'il en soit, — et c'est le point sur lequel j'appelle toute votre attention, — il importe de ne pas conclure de ce fait parfaitement établi (à savoir que la résistance de la nouvelle machine, à régulateur fermé, est de 7 à 8 *kg* seulement), qu'elle est encore de 7 à 8 *kg* quand on ouvre le régulateur, c'est-à-dire *quand on rétablit les résistances passives*.

Voici comment on peut arriver à calculer cette résistance, en partant des données mêmes qu'on a bien voulu nous indiquer.

M. Mazen nous a dit que la force en chevaux-vapeur de la machine qu'on construit était de 1 350 *ch* et que le rendement à la jante des roues serait de 67 0/0.

Le chiffre indiqué pour le nombre de chevaux est bien en rapport avec la puissance de la chaudière. Le rendement de 67 0/0 correspond au rendement maximum : 90 0/0 pour la machine à vapeur, 90 0/0 pour la dynamo génératrice et 83 0/0 pour les dynamos réceptrices.

Le produit de ces trois coefficients donne 67 0/0.

En partant de ces chiffres, on voit que le nombre de chevaux disponibles aux jantes sera de $0{,}67 \times 1\,350 = 904$ *ch*. On aura donc déjà perdu 446 *ch*.

M. Mazen pense que, pour se remorquer elle-même, à 100 *km* à l'heure, en palier, la machine nouvelle prendra 350 à 400 *ch*. Ces chiffres paraissent exacts; mettons 375 *ch*. La perte totale sera de $446 + 375 = 821$ *ch*, et il nous restera, au crochet de traction, 529 *ch*.

La force disponible de la nouvelle machine serait donc tout à fait comparable à celle des machines ordinaires qu'on construit actuellement; son rendement sera de 529 pour 1 350, c'est-à-dire 39 0/0.

La résistance par tonne de la machine sous vapeur, à 100 *km* à l'heure, en palier, se calcule comme suit.

Si x est l'effort de traction nécessaire pour trainer une tonne $12{,}0x$

sera l'effort total; $120xv$ (v étant la vitesse en mètres par seconde) sera le nombre de kilogrammètres, et $\frac{120xv}{75}$ sera le nombre de chevaux-vapeur.

On a donc $$\frac{120xv}{75} = N.$$

On connait : $$v = \frac{100\,000}{3\,600}$$

$$N = 821.$$

On en déduit : $$x = \frac{75 \times 821 \times 3\,600}{120 \times 100\,000},$$

$$x = \frac{821 \times 270\,000}{120 \times 100\,000} = \frac{821 \times 27}{1200} = \frac{22\,167}{1\,200},$$

$$x = 18{,}47\ kg.$$

Ainsi, la machine dont il s'agit, qui n'a qu'une résistance de 7 à 8 *kg* quand elle roule comme simple véhicule, a une résistance de 18,47 *kg*, en palier, quand elle fonctionne effectivement comme moteur.

Telles sont, Messieurs et chers Collègues, les quelques réflexions que je voulais vous soumettre et que je vous remercie d'avoir bien voulu écouter avec bienveillance.

M. le Président remercie vivement M. du Bousquet de cette très intéressante communication.

M. René Varennes demande la parole pour faire une observation au sujet de la remarque suivante de M. Mazen : « La locomotive électrique descend une pente de 7 *mm* à la vitesse de 100 *km*, tandis que pour qu'une locomotive ordinaire descende une pente à cette même vitesse de 100 *km*, il est nécessaire que cette pente ait 13 ou 14 *mm*, et qu'il y a lieu de tenir compte de cet avantage. »

M. R. Varennes dit que lorsqu'une locomotive remorque un train en rampe, elle doit vaincre des résistances provenant de causes multiples, mais elle emploie surtout sa puissance à élever son poids et celui du train. Il y a là une question de pesanteur : plus le poids du train, machine et tender compris, est lourd, plus il y a de kilogrammètres absorbés par cette élévation. Le poids de la locomotive électrique est de 120 *tx*, bien supérieur à celui d'une locomotive à vapeur, qui pèse de 70 à 80 *tx* avec son tender. En pente, la locomotive électrique, très lourde et dont le mécanisme peut être débrayé, descend plus vite que la locomotive à vapeur marchant à régulateur fermé; mais, n'est-ce pas un avantage insignifiant, comparé à la question de poids qui subsiste et qui sera défavorable à la locomotive la plus lourde, électrique ou non?

Quant au reproche que M. H. de Grièges a fait à la locomotive compound du Nord d'avoir quatre cylindres, M. R. Varennes partage complètement l'avis de M. P. Regnard, qui a déjà constaté « que si la locomo-

tive compound a quatre pistons, la machine à vapeur de la locomotive électrique en a douze ».

M. R. Varennes fait observer qu'on rencontre dans la locomotive électrique : une chaudière de locomotive, une machine à vapeur avec de nombreux cylindres, une installation de générateur électrique, une autre machine à vapeur à deux cylindres pour exciter les champs magnétiques, huit moteurs électriques avec leurs commutateurs, balais, manchons flexibles, huit arbres creux autour des essieux moteurs. On a donc à la fois les embarras inhérents à une installation fixe d'électricité à un tramway électrique et à une locomotive à vapeur. En présence de cette réunion de complications, M. Varennes trouve qu'il n'est vraiment pas juste de reprocher à la locomotive compound ses deux cylindres de détente.

Personne ne demandant plus la parole, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer à la Société les décès de :

M. V. Dubreuil, membre de la Société depuis 1892 ; a été ingénieur-architecte et président du Comité du Génie civil, Constructions et Arts mécaniques de la Société industrielle du nord de la France. M. Dubreuil était membre correspondant de la Société pour la région du Nord ;

M. A.-L. Féraud, membre de la Société depuis 1884 ; était ingénieur des travaux extérieurs à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'informer la Société que :

M. Asselin a été nommé chevalier de l'ordre de Léopold de Belgique ;

M. Michelin a été nommé officier de l'ordre royal du Cambodge ;

M. A. Vivien a été nommé chimiste-expert pour le prélèvement et l'analyse des échantillons d'engrais.

A la fin du présent procès-verbal, on trouvera la liste complète des récompenses obtenues par des membres de la Société à l'Exposition de Bordeaux en 1895.

M. LE PRÉSIDENT adresse à notre nouveau Collègue, M. A. Cercelet, tous ses remerciements pour le don de 100 *f* qu'il a fait à la Société.

Parmi les ouvrages reçus depuis la dernière séance, M. LE PRÉSIDENT signale plus particulièrement :

Les grands barèmes de la construction métallique, par RAYMOND CROS ;

Traité théorique et pratique des courants alternatifs industriels, 2e volume. Partie pratique par F. LOPPÉ et R. BOUQUET :

Le Praticien industriel-intermédiaire de l'Industrie et des Arts et Métiers (année 1895) ;

Annales des Arts et Manufactures, 1re collection, 52 volumes.

Il est procédé au remplacement d'un membre du jury du Prix Couvreux, qui s'est désisté parce qu'il se trouve en situation pour concourir. M. J. Mesureur, dont la candidature est proposée par M. le Président, est nommé à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société a reçu avis que la Chambre de Commerce de Cambrai vient de décider la création d'une Société ano-

nyme pour la construction et l'exploitation des magasins généraux, docks et entrepôts, dont la nécessité a été établie par l'enquête faite à ce sujet.

Dans le but de réduire les délais le plus possible, et concurremment avec la formation de Société dont s'agit, la Chambre met au concours les plans et devis pour l'entreprise générale.

Les personnes qui voudraient prendre part à ce concours sont priées d'adresser leurs demandes au secrétariat de la Chambre de Commerce de Cambrai.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. E. Cacheux pour son *compte rendu du Congrès des habitations à bon marché, tenu à Bordeaux en 1895.*

M. E. CACHEUX dit qu'en organisant le Congrès de Bordeaux, il a eu pour but de provoquer dans cette ville la création d'un comité local modèle, chargé d'appliquer la loi Siegfried sur les habitations à bon marché, et d'attirer l'attention des pouvoirs compétents sur la nécessité de diminuer les charges des petites maisons. M. E. Cacheux n'a pu obtenir les résultats qu'il attendait. M. le sénateur Gouin a bien voulu promettre, dans une séance du Conseil supérieur des habitations à bon marché, de demander au législateur de ne pas tenir compte, dans l'estimation de la valeur des charges d'une petite maison, de la fourniture de l'eau et du prix de la vidange ; mais, jusqu'alors, rien n'a été changé à la loi du 30 novembre 1894.

M. E. Cacheux n'a pu faire traiter à Bordeaux la question des modifications à apporter aux fiches du recensement de 1896, afin d'obtenir des indications sur les logements insalubres. Depuis, ce résultat a été atteint, car M. Bertillon a obtenu, de M. le Ministre de l'Intérieur, que les questionnaires fussent modifiés dans ce sens pour les villes de plus de 100 000 habitants.

Un des résultats les plus intéressants de la loi du 30 novembre 1894 sur les habitations à bon marché, est que la Caisse des Dépôts et Consignations met une somme de vingt millions, au taux de 3,25 0/0, à la disposition des sociétés philanthropiques qui offriront aux travailleurs des logements satisfaisant aux conditions de la loi du 30 novembre 1894.

Lorsqu'on construira des maisons à étages, il sera très facile d'appliquer la loi Siegfried, mais il n'en sera plus de même lorsqu'on voudra bâtir des habitations pour une seule famille, par suite des charges qui les grèvent.

M. Cacheux informe la Société qu'il a organisé, à l'occasion de l'exposition d'agriculture et d'horticulture, due à l'initiative de notre Collègue, M. Villard, un Congrès de la Société française des Amis des arbres, qui sera tenu à Nice le 10 mars prochain. Ce Congrès comportera des séances intéressantes, ainsi que des visites des travaux de reboisement dans les environs de Nice.

M. E. Cacheux se tient à la disposition des membres de la Société qui désireraient assister à ce Congrès, pour leur fournir tous les renseignements de nature à les intéresser.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. E. Cacheux, et donne ensuite la parole

à M. Duplaix, pour sa présentation des *Abaques des efforts tranchants et moments de flexion dans les poutres reposant librement sur deux appuis.*

M. M. Duplaix rappelle que, depuis la mise en vigueur du règlement du 29 août 1891 sur les ponts métalliques, il a été fait plusieurs tentatives pour simplifier le calcul des poutres reposant librement sur deux appuis. Les abaques, qu'il a construits dans le même but, fournissent, par une simple lecture, les valeurs des plus grands efforts tranchants et des plus grands moments de flexion dans toutes les sections de toutes les poutres jusqu'à 80 *m* de portée.

Ces abaques ont, sur les tableaux numériques, l'avantage de la continuité ; les efforts tranchants et fléchissants y sont représentés par leurs lignes de niveau, et on y trouve aussi des indications qui définissent à chaque instant la composition du convoi engagé dans la travée et la position des charges de ce convoi.

M. M. Duplaix décrit ensuite la disposition des abaques des efforts tranchants et des moments de flexion relatifs au train-type pour voies ferrées de largeur normale; puis il fait ressortir par quelques exemples la simplicité de leur mécanisme, et l'approximation sur laquelle on peut compter dans les résultats.

M. Bertrand de Fontviolant demande la permission d'insister sur l'importance et l'utilité pratique des abaques de M. Duplaix.

Depuis la mise en vigueur du nouveau règlement ministériel français sur les ponts métalliques, un grand nombre de méthodes ont été publiées en vue de simplifier la détermination des moments de flexion et des efforts tranchants produits par le passage des trains et convois-types, sur les tabliers à une travée; M. de Fontviolant a, de son côté, indiqué des procédés ayant le même objet, dans les bulletins de la Société.

Mais ces diverses méthodes perfectionnées laissent encore à l'Ingénieur l'obligation de faire dans chaque cas particulier, des calculs numériques ou des épures.

Les abaques de M. Duplaix suppriment complètement ce travail matériel, puisqu'ils fournissent à vue, par de simples lectures, tous les résultats nécessaires. Il existe, il est vrai, des tables numériques ayant le même but; mais elles sont volumineuses, incommodes à consulter et ne sauraient avoir la clarté d'un graphique.

Ces abaques sont fondés sur d'ingénieuses considérations théoriques. M. Maurice Lévy les a jugés dignes d'être présentés à l'Académie des Sciences, et M. de Fontviolant compte les introduire dans son enseignement à l'Ecole Centrale.

M. le Président remercie vivement M. Duplaix qui ne pouvait être félicité par un Collègue plus compétent que M. Bertrand de Fontviolant.

M. le Président donne la parole à M. le Capitaine Charollois pour sa communication sur des *Résultats d'expériences de communications microtéléphoniques à grandes distances par fil unique non isolé et appareils à appel de sonnerie polarisée et appel phonique par courants d'induction.*

M. le Capitaine Charollois expose l'origine de la découverte faite par

lui des propriétés de conductibilité à toutes distances dans les opérations militaires d'un simple fil nu de diamètre quelconque, déroulé sur le sol et reliant de simples récepteurs magnétiques. Les premières expériences ont été faites pratiquement au 115e de ligne et ont été poursuivies aux manœuvres de la 8e division d'infanterie, ainsi qu'aux grandes manœuvres de l'Est, en 1891, par ordre du Ministre de la Guerre. Les résultats obtenus à l'aide de ce système si simple furent des plus concluants. M. Charollois donne également connaissance des essais remarquables répétés aux États-Unis par les officiers Ingénieurs du corps des Signaux. Il donne ensuite l'explication rationnelle de tout un système de téléphonie à distance au moyen d'appareils microphoniques spéciaux s'appliquant à tous les cas des communications privées, industrielles, de réseau, et militaires. Puis il fait la démonstration du fonctionnement de deux postes à appel phonique, reliés pour la circonstance par une ligne à double fil dans laquelle on introduit successivement des résistances variables allant jusqu'à 10 000 ohms. La parole émise par les récepteurs est entendue dans toute la salle ainsi que l'appel, même avec les plus fortes résistances. Plusieurs membres de la Société ont, du reste, été à même de vérifier les assertions de M. Charollois sur le terrain, avec une ligne de fil bi-métal de 6/10 *mm* déroulée dans l'herbe mouillée sur un parcours de 5 *km*, avec retour par la terre. L'audition et l'appel étaient aussi parfaits que sur ligne isolée.

Comme conclusion, M. Charollois fait ressortir la proportionnalité obtenue dans les effets, tant au point de vue de l'action microphonique qu'en ce qui concerne l'appel, en faisant varier d'une manière rationnelle le nombre des éléments d'après les résistances à vaincre et les pertes auxquelles la ligne peut être soumise.

M. le Président remercie M. Charollois et donne la parole à M. A. Hauet pour sa communication sur le *Projet de canal du Rhône à Marseille*.

M. A. Hauet dit que la question du canal du Rhône à Marseille est de celles qui reviennent périodiquement et ne semblent pouvoir aboutir. Il avait pensé, à ce sujet, traiter de l'organisation défectueuse des travaux publics en France, mais depuis la mise à l'ordre du jour de sa communication, un livre a paru tout récemment, écrit avec beaucoup de bonne humeur par un ancien Ministre des Travaux publics, M. Yves Guyot. Dans ce livre se trouve beaucoup de choses que voulait dire M. Hauet. Ce sera pour ses Collègues plaisir et profit de lire le livre de M. Guyot au lieu d'entendre M. Hauet. Le canal projeté serait un doublement inutile du canal Saint-Louis qui répond aux besoins qu'il est appelé à desservir.

L'utilisation industrielle de l'étang de Berre pour en faire la banlieue de Marseille regarde uniquement cette ville. L'État doit s'en désintéresser.

M. Hauet termine en disant qu'il est heureux d'avoir soulevé une question aussi importante qui, dans la prochaine réunion, sera discutée par des Collègues d'une compétence et d'une autorité incontestables.

M. le Président dit que la question du canal de Marseille au Rhône est, en effet, d'un très grand intérêt. Quand on jette les yeux sur une

carte orographique du bassin de la Méditerranée, on est frappé de voir une longue et unique trouée formée par le bassin du Rhône et de la Saône, pénétrant profondément dans les terres, et reliée facilement au bassin du Rhin par le canal du Doubs. Si on fait abstraction des considérations politiques qui ont évidemment bouleversé les conditions économiques de l'Europe centrale depuis 1870, on ne peut pas ne pas reconnaître l'immense importance d'une grande voie navigable si elle était méthodiquement établie dans cette vallée. C'eût été la voie économique qui aurait donné accès à la Méditerranée pour la France et l'Allemagne centrale. Cette voie tournait tous les chemins de montagne de la Suisse, chemins inévitablement d'une exploitation chère. Nul doute que Marseille n'eût alors bénéficié de l'accroissement considérable du trafic du port de Gênes. Mais cette hypothèse suppose cette voie *navigable*. Or le Rhône remplit-il ces conditions ? Tout le monde sait que le trafic de ce fleuve est depuis longtemps desservi par les bateaux à vapeur de l'ancienne Compagnie Bonnardel. Mais à quelles conditions ? Une voie navigable n'a d'intérêt que si les transports y sont possibles à très bon prix. Est-ce bien le cas sur le Rhône ? Si oui, le canal de Marseille au Rhône aura son utilité pour le port de Marseille; si non, à quoi servira-t-il ?

M. le Président compte que M. R. Lebrun voudra bien, dans la prochaine séance, exposer à la Société l'état de la question à ce point de vue capital pour le projet du canal.

Il est donné lecture en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-A. Boyer, E.-Ch. Buxtorf, L.-H. Despeissis, Ch. Dollfus-Galline, G.-A. Grangé, L. Lambert, J.-B. Mazetier, A.-J. Meyer-May, C.-M.-J. Nicolet, A.-M.-E. Perrier de la Bâthie, H. Savornin, P. Schneider, M. Sohm, comme membres sociétaires et M. L. Marie, comme membre associé.

MM. P.-L.-J. Benoist, G.-E. Fischer, Ch.-E. Gauthier-Lathuille, E.-M.-A. Picard, A. Radice, E.-L. Roullet, Ch.-A. Sabatier, A. Sainte-Beuve sont reçus membres sociétaires et MM. P.-A. Guion et Ph. Morand, membres associés.

La séance est levée à 10 heures et demie.

LISTE

DES

RÉCOMPENSES OBTENUES A L'EXPOSITION

DE BORDEAUX

en 1895

PAR DES

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Hors Concours

MM. P. Auguste-Godchaux, Les Fils de A. Deutsch, Durey et Sohy, Egrot et Grangé, Fenaille et Despeaux, Geneste et Herscher, H. Hersent, Hurtu-Hautin et Diligeon, Larivière et Cie, L. Lemoine, Lombard-Gérin, V. Mabille, E. Mame et Bergès, Panhard et Levassor, Peugeot Frères, Postel-Vinay, P.-P. Saillard, Simoneton Frères.

Grands Prix:

Société des Ingénieurs Civils de France.

MM. Bail-Pozzy, Blanchet Frères, Brault-Teisset et Gillet, Comte de Chambrun, Coiseau-Couvreux et Allard, A.-H. Croizier, Daydé et Pillé, Delaunay-Belleville, Durenne, Henry-Lepaute, Menier, Moisant-Laurent et Savey, De Naeyer, Weyher et Richemond.

Diplômes d'Honneur:

MM. A. André, F. Arnodin, Boulet et Cie (H. Brulé et Cie, Successeurs), Bauchère, Bonnassiès, Brault-Teisset et Gillet, Buron, Carré Fils aîné, Chateau Père et Fils, E. Derval, Duclos, E. Gruner, Henry Lepaute, L.-P. Landry, J. Le Blanc, A. Michelin, J.-E. Rigolage, G. Robert, Werth.

Médailles d'Or:

MM. P. Auguste-Godchaux, L. Bidou, C. Burgart, Candlot, Cazaubon, Chaussegros, A. Domange, L. Dumont, Edoux, Grosset, Jametel, A. Michelin, de Montgolfier, Pagnard, Pedezert, Peugeot Frères, Pictet, Portal, Raabe, Sage et Grillet, A. Simon et ses Fils, A. Thomas, A. Tricoche, Trigaux.

Médailles d'Argent:

MM. E. Combelles, de Fréminville, Jeunet Fils, Schabaver.

Médailles de Bronze:

MM. E. Bartissol, L. Charpentier, E. Henry.

Mention Honorable:

M. L. Dumont.

DES PROGRÈS

DE LA

TRACTION ÉLECTRIQUE

DANS LES

CHEMINS DE FER FRANÇAIS

PAR

M. H. DE GRIÈGES (fils)

L'attention du public et, en particulier, celle des Ingénieurs, a été attirée par les expériences de traction électrique, faites en 1894 sur le réseau de la Compagnie de l'Ouest avec la locomotive la « Fusée ».

Le bulletin du Congrès international des chemins de fer a publié le résultat de ces expériences dues à l'initiative de M. l'Ingénieur en chef du matériel et de la traction Clérault, sous la haute direction duquel elles ont eu lieu.

Ces essais ont fourni les résultats qui ont permis de réaliser les transformations que nous nous proposons de vous faire connaître dans cette communication.

A l'heure actuelle, si la traction électrique est loin d'être arrivée à son dernier degré de perfection, elle tend néanmoins à prendre rang et à devenir, à l'aide des divers systèmes proposés, si j'ose m'exprimer ainsi, le concurrent de la vapeur.

La locomotive la « Fusée » était construite d'après le système Heilmann. Ce système, déjà décrit ici, est trop connu pour que nous voulions l'expliquer à nouveau, rappelons seulement qu'il comprend une usine centrale roulante montée sur un certain nombre d'essieux actionnés par des moteurs électriques.

La première série d'expériences, faites entre le Havre et Beuzeville (ligne de Paris au Havre), a permis de constater la possibilité d'atteindre en toute sécurité des vitesses aussi considérables que celles admises pour les meilleures locomotives à vapeur.

En outre, pendant ces essais, les rendements des différentes machines constituant l'ensemble de la locomotive étaient mesurés et il devenait possible de se rendre compte de la valeur de la

perte totale entre les chevaux indiqués aux cylindres et ceux développés aux jantes; le rendement ainsi évalué est de 65 à 70 0/0.

Enfin, ces mêmes essais ont démontré, ce qu'il était facile de prévoir, que la résistance au roulement de cette machine était comparable à celle des voitures ordinaires des chemins de fer, c'est-à-dire notablement inférieure, surtout à grande vitesse, à celle des locomotives à vapeur.

A la suite de ces premiers essais, d'autres exécutés entre Paris et Mantes par Argenteuil ont permis d'atteindre des vitesses encore plus considérables (jusqu'à 108 *km* à l'heure) et de remorquer quelques trains express du service ordinaire. La Compagnie de l'Ouest tenait à affirmer ainsi qu'elle était la première à avoir remorqué sur son réseau, à l'aide d'une locomotive électrique, des trains express à des vitesses de plus de 100 *km* à l'heure.

Mais il ne faudrait pas croire que cette première locomotive fût parfaite; loin de nous l'idée de la comparer à ces puissantes machines à vapeur que possèdent à l'heure actuelle toutes les Compagnies de chemins de fer.

En effet, cette machine était faite pour développer 600 *ch*, tandis que nombre de locomotives à vapeur développent actuellement plus de 1 000 *ch*, pendant quelque temps.

En outre, et c'est ce qui a empêché que cette machine soit maintenue en service, certains organes étaient ou trop faibles ou trop délicats. La machine à vapeur, par exemple, avait des surfaces de frottement insuffisantes, ce qui nécessitait un graissage abondant et la présence de plusieurs agents pour la soigner pendant la marche.

Bien d'autres détails de construction laissaient évidemment à désirer, mais, devons-nous oublier que c'était la première, et les 2000 *km* que cette locomotive a franchis, sans un incident de route, ne sont-ils pas l'heureux précurseur des résultats que donnera, sans doute, avec le temps, cette traction électrique tant admirée par les uns, tant discutée par les autres?

A la suite de tous ces essais, la Compagnie de l'Ouest et la Société de Traction électrique, ne pouvaient pas rester en aussi bonne voie; aussi, fut-il décidé que deux nouvelles locomotives, basées sur le même principe, seraient mises en construction.

Mais là, intervinrent, non plus les considérations qui avaient fait limiter la puissance de la première locomotive à 600 *ch*, mais bien les véritables conditions actuelles de l'exploitation des chemins de fer.

Nous n'avons pas la prétention et il serait prématuré de chercher à décrire ici, d'une façon complète, les machines actuellement en construction ; cependant, et c'est aux hommes de chemins de fer que nous nous adressons tout particulièrement, nous désirons montrer comment le problème a été posé et comment on a cherché à le résoudre.

Si nous nous reportons à l'intéressante communication faite à la Société en janvier 1893, par notre ancien Président, M. l'Ingénieur en chef des chemins de fer du Nord du Bousquet, nous y trouvons cette constatation, que toutes les Compagnies cherchent, par tous les moyens possibles, à augmenter la puissance de leurs locomotives à grande vitesse, à cause du tonnage croissant des trains et des exigences, croissantes aussi, du public, au point de vue de la vitesse.

Or, dans une locomotive, quel est l'élément qui, à part les questions d'adhérence, constitue la puissance? C'est un peu la surface de chauffe de la chaudière, et c'est surtout la surface de grille.

Mais, en France, dans toutes les locomotives à vapeur express actuelles, on a cherché à augmenter le plus possible cette surface de grille, c'est-à-dire les dimensions du foyer ; malheureusement avec les foyers profonds employés jusqu'ici d'une façon à peu près générale, au moins dans notre pays, il devient bien difficile d'augmenter indéfiniment cette surface, car sa largeur est déterminée par l'écartement des roues et ne saurait dépasser, même avec des longerons extérieurs, 1,05 *m* à 1,10 *m*, et comme longueur maximum 2,30 *m* environ, à cause de la conduite du feu.

Ce sont ces dimensions qui ont servi de base à presque tous les modèles de locomotives à grande vitesse construites dans ces dernières années, depuis celles de l'Ouest jusqu'à celles du Nord, en passant par le Paris-Lyon-Méditerranée.

Enfin, à bout de ressources, les Ingénieurs ont cherché à faire croître la puissance en augmentant la pression de la vapeur et en employant le système compound, que nous ne jugerons pas, mais duquel nous nous contenterons de dire que si l'on augmente le nombre de cylindres, on augmente aussi, dans une certaine proportion, la résistance au roulement, ce qui détruit, au moins en partie, l'économie de vapeur. C'est pourquoi croyons-nous bien faible le résultat atteint.

Tous ces moyens ne sont que des palliatifs, et nous pouvons dire que l'on est arrivé, à l'heure actuelle, à peu près à la limite

d'élasticité de la locomotive à vapeur, du moins telle qu'elle est comprise jusqu'à ce jour.

C'est donc, à notre avis, dans un autre ordre d'idées que la solution du problème doit être cherchée.

Pour augmenter la puissance d'une locomotive, avons-nous dit, il faut augmenter la surface de grille.

Une étude approfondie faite au sujet des nouvelles locomotives électriques en construction a permis de loger sur ces machines une chaudière de 3,34 m^2 de surface de grille, alors que les locomotives françaises à grande vitesse ont 2,30 m^2 à 2,40 m^2, au maximum, de surface de grille. C'est donc l'augmentation dans la proportion du tiers environ de la quantité de vapeur disponible, puisque les chaudières employées sont à peu près géométriquement semblables à celles des locomotives ordinaires, et par suite l'augmentation de puissance, à égalité de dépense, d'un tiers environ, c'est-à-dire de 1 400 à 1 500 *ch* au lieu de 1 000.

Après cette digression sur la question des puissances, et sans vouloir, à l'heure actuelle, rien *préjuger* de la valeur du système et des résultats que ces nouvelles locomotives donneront, nous voudrions décrire en quelques mots les nouvelles locomotives en les comparant à l'ancienne.

Les schémas 1 et 2 *(pl. 156)* montrent, l'un la « Fusée », l'autre les machines actuellement en construction.

La chaudière de la « Fusée », du type Lentz, a été remplacée par une chaudière de locomotive ordinaire à foyer Belpaire.

La machine à vapeur horizontale compound 600 *ch*, placée transversalement à la locomotive, empêchait le mécanicien de communiquer avec le chauffeur.

Dans le nouveau type, au contraire, on a employé une machine à vapeur pilon de 1 300 à 1 400 *ch*, qui laisse de chaque côté un passage très suffisant.

La « Fusée » n'avait qu'une génératrice. Les nouvelles locomotives en ont deux chacune, et sur l'une de ces dynamos génératrices est placée l'excitatrice d'une puissance de 30 *ch* environ.

L'ensemble de ces appareils est porté sur un châssis rigide monté lui-même sur deux bogies à quatre essieux chacun.

L'énergie électrique produite par cette usine est distribuée sur les huit moteurs calés chacun sur un essieu.

Les nouvelles machines sont enfin disposées pour circuler dans les deux sens.

Cette courte description fait voir que la principale modification consiste dans l'emploi d'un nouveau type de machine à vapeur.

La machine à vapeur de la « Fusée » présentait, comme cela est dit plus haut, le défaut d'avoir de trop petites surfaces de frottement. De plus, étant à axe horizontal et ayant ses cylindres placés transversalement, elle ne permettait pas, de communiquer de la chambre de chauffe à la chambre de conduite, ce qui est indispensable dans une locomotive.

Malgré tous ces défauts, cette machine à vapeur avait une qualité maîtresse, c'était d'être mathématiquement équilibrée par suite de la position relative de ses deux cylindres opposés l'un à l'autre et dont les manivelles correspondantes étaient, comme le montre le croquis n° 3, calées à 180 degrés.

On conçoit que l'attirail du piston A allant toujours en sens inverse de celui du piston B, et ces deux attirails étant rigoureusement du même poids, les forces d'inertie des pièces en mouvement se trouvaient constamment détruites.

Dans les nouvelles locomotives, il ne pouvait être question d'employer une pareille machine, et il était pourtant indispensable d'obtenir l'équilibrage mathématique, car on conçoit facilement l'effet qu'aurait eu sur un châssis posant sur ressorts comme celui d'un véhicule de chemin de fer, une machine à vapeur d'une telle puissance non équilibrée.

Pour montrer l'intérêt de la solution de l'équilibrage mathémathique, il nous suffira de dire que dans la « Fusée », un petit moteur vertical pilon à deux manivelles calées à 180 degrés, de la puissance de 25 *ch* environ et servant à conduire l'excitatrice, suffisait à faire vibrer toute la locomotive et cela avec assez d'intensité pour que ces vibrations fussent gênantes.

Aussi, chercha-t-on à trouver une machine pilon mathématiquement équilibrée ; et, après de nombreux tâtonnements, un de nos Collègues, M. Mazen, Inspecteur de la Traction des Chemins de fer de l'Ouest, résolut enfin le problème, par l'emploi d'une machine pilon à six cylindres dont la figure 4 montre la disposition générale.

Cette machine est composée de deux groupes de machines à trois lignes de cylindres dont les manivelles sont calées dans chaque groupe à 120 degrés, le groupe ABC étant symétrique du groupe A'B'C' par rapport au plan médian MN perpendiculaire à l'axe de rotation GH (voir croquis n° 4).

Notre savant Collègue M. Normand, dans un mémoire bien

connu, et M. Bienaymé, dans son cours à l'École d'Application du Génie Maritime, ont démontré que la somme algébrique des forces d'inertie d'une machine à attirails identiques projetées sur un plan perpendiculaire à l'axe de rotation est constamment nulle.

C'est ce qu'indique la figure 5, qui représente ces perturbations.

L'emploi d'une telle machine, ainsi que l'a constaté du reste M. Normand et, avec lui, d'autres constructeurs, laisse subsister toutefois un couple dont ce constructeur atténue les effets au moyen de contre-fiches reliées aux carlingues de bateau, ainsi que le relatent nos Collègues, MM. de Dax et Hart, dans les communications qu'ils ont faites à la Société (1), le 20 avril 1894 et le 18 octobre dernier.

Pour les locomotives, afin d'équilibrer ce couple de valeur sans cesse variable, M. Mazen a eu l'idée très ingénieuse d'opposer un autre couple, symétrique du premier par rapport au plan médian, en plaçant une seconde machine symétrique par rapport à ce plan et complètement solidaire de la première.

Il est facile de voir, sans qu'il soit besoin d'entrer dans des développements théoriques, peut-être intéressants mais certainement fastidieux, que l'on obtient ainsi une machine sans couple et dont la somme géométrique des forces d'inertie est constamment nulle, réalisant, par conséquent, un équilibre mathématique parfait.

Il est évident que le même résultat pourrait être obtenu en réunissant en un seul les deux cylindres milieu et en donnant à l'attirail mobile de ce cylindre un poids double de celui de chacun des quatre autres.

On conçoit de même la solution au moyen de sept ou huit cylindres avec manivelles calées, dans ce cas, à 90 degrés au lieu de 120 degrés.

Les calculs faits par M. Mazen au sujet de cette disposition permettent de se rendre compte que cet équilibre, que je crois devoir considérer comme parfait, laisse subsister cependant une légère perturbation.

Ces calculs, en effet, démontrent que cette perturbation ne dépasse pas 1/1 200 de la perturbation que produirait une machine à une seule ligne de piston dont les organes auraient le même poids que ceux d'un élément de la machine considérée et, par

(1) Bulletins de la Société des Ingénieurs Civils de France, avril 1894, p. 406, et octobre 1895, p. 344.

conséquent moindre que 1/7 200 pour une machine à six cylindres de même puissance, ce qui est évidemment négligeable.

Tel est, décrit en peu de mots, le principe de la machine qu'a étudiée M. Mazen. Par une heureuse coïncidence, le problème a été résolu en même temps et de la même façon par notre ami M. Mark Robinson, membre de la Société, sœur de la nôtre, « Civil Engeneer's » de Londres.

Du reste, les Anglais, si pratiques, attachent une telle importance à cette disposition, que deux communications ont été faites, l'une au point de vue des applications aux machines marines, par M. Robinson le 5 avril 1895 à l'Institution of Naval Architects, et l'autre par M. Sankey, en vue des applications aux usines centrales situées près des habitations, en mai 1895, à l'Institution of Electrical Engineers.

La solution de ce problème de l'équilibre parfait n'intéresse pas seulement la traction électrique, mais elle est aussi du domaine des constructions navales; MM. de Dax et Hart signalent à ce propos, dans les communications précitées, les inconvénients qui résultent, sur les torpilleurs, des vibrations de la coque dues aux réactions de la machine et dont ils donnent des diagrammes (1). Dans certains essais faits sur des bateaux, les perturbations dues aux forces d'inertie des machines à vapeur ont fait perdre jusqu'à une notable fraction de la vitesse.

On conçoit l'intérêt d'une telle invention pour la défense nationale; de plus, de telles machines permettraient de construire des usines (transmission de force ou d'éclairage) dans le voisinage des habitations sans crainte de les gêner par les vibrations.

En outre de cette disposition nouvelle de machine à vapeur, bien d'autres points de détail seraient à signaler, mais nous craindrions de sortir des limites que nous avons assignées à cette communication qui ne doit porter que sur des questions de principe.

Telles sont les lignes générales du problème et l'état actuel de la question à ce point de vue.

J'ajouterai, et cela sera mon dernier mot, que la Compagnie de l'Ouest ne voulant s'inféoder à aucun système, aura une de ses lignes sur laquelle la traction électrique par conducteur va être mise d'abord à l'essai, puis, s'il y a lieu, en exploitation, c'est la

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, avril 1894, page 409 et octobre 1895, p. 347.

ligne de raccordement de Saint-Germain Ouest à Saint-Germain Grande-Ceinture, d'une longueur de 3,500 *km* environ.

Le mode de traction employé sera la traction électrique par conducteur, en sorte que, dans le courant de cette année, des essais concluants pourront être exécutés sur le réseau, à la fois avec les locomotives construites d'après le même principe que la « Fusée », et aussi par le conducteur fixe le long de la voie.

Nous tenons à adresser ici nos remerciements à MM. Marin, Directeur, et Clérault, Ingénieur en Chef des Chemins de fer de l'Ouest, qui ont bien voulu autoriser cette communication et aussi à M. Mazen pour les précieux documents qu'il a bien voulu mettre à notre disposition.

ABAQUES

DONNANT PAR UNE SIMPLE LECTURE

LES VALEURS MAXIMUMS

DES EFFORTS TRANCHANTS ET DES MOMENTS DE FLEXION

produits par les surcharges du règlement du 29 août 1891, dans les poutres reposant librement sur deux appuis de niveau, jusqu'à 80 mètres de portée.

THÉORIE ET APPLICATIONS

PAR

M. M. DUPLAIX

I. — BUT PROPOSÉ

1. — Notre but est de donner la représentation graphique complète des plus grands efforts tranchants et des plus grands moments de flexion développés, dans toutes les sections d'une poutre droite reposant librement sur deux appuis de niveau, par les systèmes de surcharges mobiles du règlement du 29 août 1891 sur les ponts métalliques.

En d'autres termes, nous avons cherché à construire des abaques permettant d'obtenir, par une simple lecture, les valeurs des efforts tranchants et des moments de flexion. Nous y avons ajouté les indications nécessaires pour définir les circonstances (composition et position des convois) dans lesquelles se produisaient les maximums de ces deux quantités importantes.

II. — PRINCIPE DE LA MÉTHODE

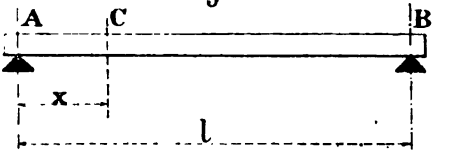
2. — Désignons par z, soit l'effort tranchant, soit le moment de flexion.

La quantité z, relative à une section C située à une distance x

de l'appui de gauche A d'une poutre AB dont la portée est l *(fig. 1)*, est reliée aux deux autres quantités x et l par une équation telle que :

(1) $f(z, x, l) = 0.$

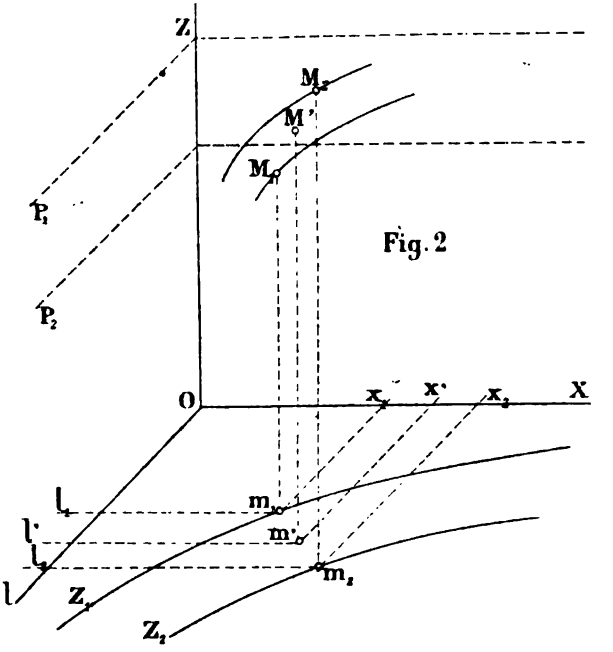
Fig. 1



Si l'on prend trois axes de coordonnées, ox, ol et oz, et que l'on construise le lieu des points dont les coordonnées satisfont à l'équation (1), on obtiendra une surface que l'on pourra appeler *surface représentative* des efforts tranchants ou des moments de flexion *(fig. 2)*.

Coupons cette surface par des plans horizontaux P_1, P_2, etc..., pour lesquels $z = z_1$, $z = z_2$, etc..., et projetons, sur le plan xol et

Fig. 2



parallèlement à oz, les intersections. Les lignes obtenues, que l'on numérotera z_1, z_2, etc..., seront les *lignes de niveau* de la surface.

3. — Supposons qu'avec un pareil tracé on veuille déterminer la valeur de l'effort tranchant ou du moment de flexion maxi-

mum dans une section située à une distance x_1 de l'appui de gauche d'une poutre dont la portée est l_1. On cherchera d'abord, sur le plan *xol*, le point m_1, dont les coordonnées sont x_1 et l_1. Si ce point tombe sur une ligne de niveau, la quantité cherchée (effort tranchant ou moment) aura la valeur représentée par la cote z_1 de cette ligne.

Si la section considérée de la poutre conduisait à un point m' compris entre deux lignes de niveau z_1 et z_2, on obtiendrait la valeur z' de la quantité cherchée, à l'aide de la loi de variation des lignes de niveau.

4. — A une section donnée d'une poutre de portée donnée correspond un point du plan *xol*, et un seul ; réciproquement, un point de ce plan fixe la position d'une section dans une poutre de portée déterminée. Donc, le tracé fournit les valeurs de z (efforts tranchants ou moments de flexion) pour toutes les sections des poutres ayant des portées quelconques, limitées seulement par les dimensions de l'épure.

5. — En coupant la surface par un plan horizontal P_1, dont l'altitude est $z = z_1$, on obtient une ligne de niveau dont l'équation se déduit de l'équation (1), en y faisant $z = z_1$, d'où :

$$f(z_1, x, l) = 0. \qquad (2)$$

Si cette équation est du premier degré en x et l, la ligne de niveau sera une ligne droite.

Si l'équation (1) est elle-même du premier degré en x et l, toutes les lignes de niveau seront des droites, et leur tracé sera abordable et pratique. C'est ce qui a lieu pour les efforts tranchants.

6. — Si cette dernière condition n'est pas réalisée (pour les moments de flexion, par exemple), il y a tout intérêt à transformer l'équation (1) de façon que les lignes de niveau deviennent des droites.

Voici le procédé que nous employons.

Nous prenons une variable auxiliaire t liée aux deux variables x et l par une équation :

$$\varphi(l, x, t) = 0, \qquad (3)$$

et nous éliminons l entre les équations (1) et (3). Le résultat est une équation telle que :

$$F(z, x, t) = 0, \qquad (4)$$

qui est l'équation de la *nouvelle surface représentative* des quantités z.

Pour que cette surface admette des lignes de niveau rectilignes, il faut que son équation soit linéaire en x et t. L'équation (3) doit donc être choisie de façon à obtenir ce résultat.

7. — Admettons qu'il en soit ainsi, et prenons les axes de coordonnées ox, ot et oz *(fig. 3)*. La surface (4) aura pour lignes de niveau des droites z_1, z_2, z_3....

Considérons les mêmes premiers axes ox et ot et un troisième axe ol que nous ferons coïncider avec oz. Dans ce système, l'équa-

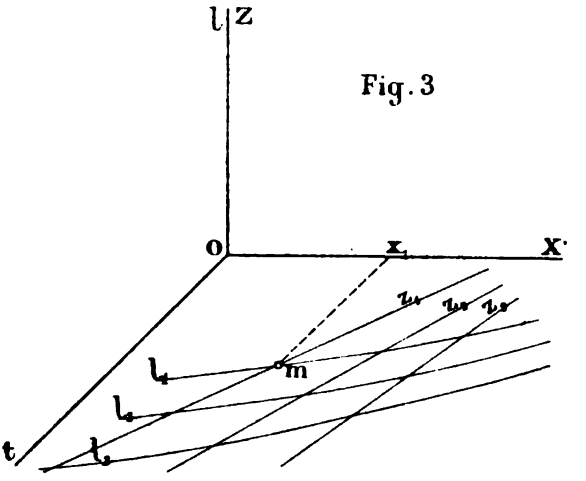


Fig. 3

tion (3) représentera une surface dont on pourra tracer les lignes de niveau ou *lignes d'égale portée* l_1, l_2, l_3....

Ceci posé, étant donnée une section située à une distance x_1 de l'appui de gauche d'une poutre dont la portée est l_1, on obtiendra le point correspondant m_1 du plan xot en prenant l'intersection de la ligne d'égale portée l_1 avec la droite $x = x_1$. Si le point m_1 tombe sur une ligne de niveau z_1, on aura immédiatement la valeur de la quantité cherchée z. Si ce point tombe entre deux lignes de niveau, il faudra faire une interpolation.

8. — L'équation (3) n'étant pas généralement linéaire en x et t, les lignes d'égale portée sont, en général, des lignes courbes. Le second tracé peut donc paraître aussi compliqué que le premier. La simplification est cependant réelle.

En effet, l'équation (1) n'est pas invariable ; ses coefficients dé-

pendent des charges engagées dans la travée. Au lieu d'une surface unique, on a donc à considérer toute une série de *surfaces représentatives*, dont les lignes de niveau courbes obligeraient à un tracé extrêmement long et pénible.

Les coefficients de l'équation (3), au contraire, sont indépendants des charges, de sorte que les lignes d'égale portée sont des lignes continues dont le tracé n'offre aucune complication.

III. — DESCRIPTION ET USAGE DES ABAQUES

9. — Nous ne produisons aujourd'hui que les abaques relatifs au train-type pour voies de largeur normale. Les tracés se rapportant aux autres systèmes de surcharges édictés par le règlement du 29 aout 1891 sont en préparation.

Train-type pour voies de largeur normale.

1° Efforts tranchants.

10. — L'abaque fait connaître les efforts tranchants maximums dans toutes les sections des poutres dont la portée peut atteindre 80 *m*.

Il est divisé, pour des convenances d'échelles, en trois parties:
La première convient aux portées égales ou inférieures à 10 *m*;
La seconde comprend les portées comprises entre 10 et 40 *m*;
La troisième est applicable aux portées variant de 40 à 80 *m*.

11. — L'abaque comprend :

1° Un réseau quadrillé coté — horizontalement suivant les valeurs des *demi-portées* y, — verticalement suivant les valeurs des *distances* x *des sections à l'appui le plus voisin*. D'après le règlement, les convois pouvant circuler dans les deux sens (pour les épreuves au moins), il suffit d'obtenir les efforts tranchants dans la moitié de la longueur d'une poutre donnée. C'est pourquoi les valeurs limites de x sont 0 et y; par suite, les horizontales cotées $x = 0$ correspondent aux sections des appuis, et les lignes inclinées à 45°, qui limitent les diagrammes, correspondent aux sections des milieux des poutres.

2° Une série de *lignes de niveau cotées en tonnes*, dans l'hypothèse où la poutre supporte directement *une file de roues* du train. Afin de ne pas surcharger l'épure, on a coté seulement un certain

nombre de lignes de niveau ; mais celles-ci sont assez rapprochées pour qu'on puisse obtenir, sans hésitation, la valeur de l'effort tranchant le long d'une ligne quelconque.

3° Des lignes obliques parallèles, inclinées à 2 sur 1, et partageant les diagrammes en bandes affectées chacune d'un numéro. Ce numéro indique le nombre de charges du train engagées sur la poutre, au moment où l'effort tranchant atteint son maximum. On sait, en outre, que ce maximum se produit lorsque l'essieu de tête est à l'aplomb de la section. La première bande est relative à la roue isolée de 10 *t*.

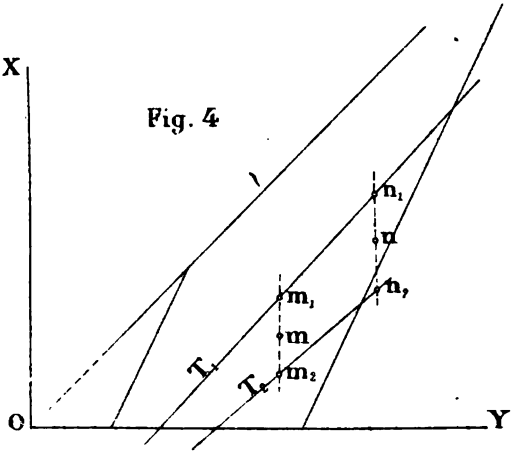


Fig. 4

4° Deux régions particulières empiétant sur les bandes n^{os} 6, 7 et 8. L'une de ces régions porte les deux numéros 7-13, l'autre les trois numéros 6-7-13. En tout point de la région 7-13, l'effort tranchant est maximum quand le train comprend les charges n^{os} 7 à 13 inclusivement et que la charge n° 7 est à l'aplomb de la section. Pour la région 6-7-13, le train comprend les charges n^{os} 6 à 13 et l'effort tranchant est maximum sous la charge n° 7.

12. — Comment apprécier la valeur de l'effort tranchant en un point m compris entre deux lignes de niveau *(fig. 4)*? Pour cela, on utilise la propriété suivante, qui sera démontrée plus loin (34). *Les lignes de niveau d'une même bande découpent, sur une parallèle quelconque à l'axe des* x, *des segments proportionnels à leurs intervalles.*

Menons par le point m la parallèle m_1m_2 à l'axe des x, jusqu'à sa rencontre avec les lignes de niveau dont les cotes sont T_1 et T_2. Si $m_1m = \frac{2}{3} m_1m_2$, l'effort tranchant en m aura pour valeur $T = T_1 + \frac{2}{3}(T_2 - T_1)$. Les lignes T_1 et T_2 peuvent être choisies quelconques ; il n'est pas nécessaire qu'elles soient consécutives.

Il peut être nécessaire, pour faire cette opération, de prolonger

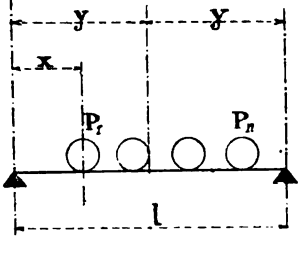
l'une des lignes de niveau au delà de la bande à laquelle elle appartient; le cas se présenterait pour l'évaluation de l'effort tranchant au point *n* de la figure 4.

13. — Étant donnée la position d'une section dans une poutre d'une portée déterminée, trouver la valeur du plus grand effort tranchant dans cette section ? Soit par exemple à calculer l'effort tranchant dans une section située à une distance de 4 *m* de l'appui le plus voisin, la portée de la poutre étant 18 *m*. On cherche d'abord le point dont les coordonnées sont $x = 4\,m$ et $y = \frac{18}{2} = 9\,m$. Ce point tombe sur la ligne de niveau cotée 22 tonnes; c'est la valeur de l'effort tranchant cherché.

14. — Pour avoir le diagramme complet des efforts tranchants maximums dans une demi-travée, on pourrait déterminer les valeurs des efforts en un grand nombre de sections et tracer une ligne continue par les points correspondant aux résultats particuliers obtenus. Mais il est plus simple d'utiliser la propriété suivante, que nous démontrons plus loin (39) : *d'une section à une autre d'une même portée et appartenant à une même bande, l'effort tranchant varie suivant les ordonnées d'une ligne droite.* Il suffira donc de déterminer les efforts tranchants en *deux* points de chaque bande; on choisira les points pour lesquels les lectures seront le plus faciles.

15. — Les numéros des bandes indiquent, comme nous l'avons dit, le nombre des charges engagées sur la poutre au moment où l'effort tranchant atteint son maximum. On aura la position du train, pour une section donnée d'une poutre, *en plaçant la roue de tête à l'aplomb de cette section et en distribuant les autres charges du côté de l'appui le plus éloigné (fig. 5)* (*).

Fig. 5



16. — Les valeurs de x et de y étant cotées sur l'épure, il n'y a pas à se préoccuper des échelles employées pour le tracé. Il suffit de faire des lectures; les interpolations, si

(*) Quand le train comprend les charges n^os 7 à 13, la charge n° 7 doit être considérée comme charge de tête. Si le train comprend les charges n^os 6 à 13, la charge n° 7 doit être placée à l'aplomb de la section, et la charge n° 6 du côté de l'appui le plus voisin.

elles sont nécessaires, sont facilitées par les nombreuses lignes auxiliaires et s'obtiennent par de simples rapports de longueurs, quelles que soient les valeurs absolues de celles-ci.

17. — Bien que l'abaque fournisse les efforts tranchants avec une approximation bien suffisante dans la pratique, nous nous sommes préoccupés de donner les moyens d'obtenir immédiatement les expressions de ces efforts en fonction des deux variables x et y définies au n° 11, pour les cas de recherches précises où l'on aurait besoin de recourir au calcul.

Sous la roue de 10 t, la relation entre x, y et l'effort tranchant T exprimé en tonnes est :

$$2Ty = 10\,(2y - x). \tag{5}$$

Lorsqu'il y a n roues du train-type engagées sur la poutre, l'expression générale est la suivante :

$$2Ty = {}_1A_n\,(2y - x) - V_n. \tag{6}$$

Le nombre n est, nous le rappelons, le numéro de la bande de l'abaque dans laquelle tombe le point correspondant à la section. L'effort tranchant a donc une expression identique pour tous les points d'une même bande.

Le *tableau I* fournit les valeurs numériques des coefficients ${}_1A_n$ et V_n de l'équation (6) vis-à-vis des valeurs de n. Par exemple, l'équation pour la bande n° 8 sera :

$$2Ty = 54\,(2y - x) - 386{,}4.$$

17 *bis*. — Les relations particulières aux régions qui portent les n^{os} 7-13 et 6-7-13 sont :

Région 7-13 : $2Ty = 44\,(2y - x) - 220{,}6$;

Région 6-7-13 : $2\,(T + 6)\,y = 50\,(2y - x) - 193$.

2° Moments de flexion.

18. — L'abaque donne aussi les moments de flexion maximums dans toutes les sections comprises entre un appui et le milieu des poutres jusqu'à 80 m de portée.

Afin d'éclaircir un peu l'épure, on a représenté à part les moments des poutres dont la portée est égale ou inférieure à 20 m.

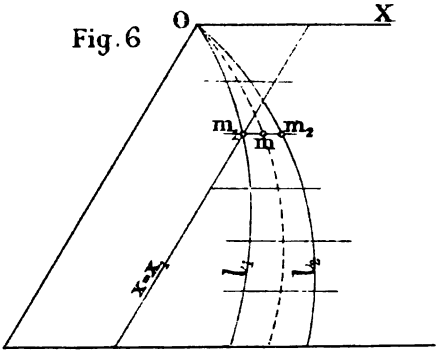
19. — Les indications de l'abaque permettant de trouver le point correspondant à une section d'une poutre, sont :

1° *Les distances* x *des sections à l'appui le plus voisin.* — Ces distances sont graduées parallèlement à une oblique dans le grand diagramme et parallèlement à une verticale dans le petit.

2° *Les lignes d'égale portée.* — Ces lignes sont des hyperboles, et elles sont tracées pour des portées variant de 2 *m* en 2 *m* dans le grand diagramme et de mètre en mètre dans le diagramme supplémentaire.

Pour tracer des lignes intercalaires, on s'appuie sur cette propriété (46). *Les lignes d'égale portée partagent les parallèles à l'axe des* x *en parties proportionnelles.* Ainsi, les lignes l_1 et l_2 étant tracées, on obtiendra la ligne $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$ en joignant les milieux *m* des segments horizontaux $m_1 m_2$ limités aux lignes l_1 et l_2.

Fig. 6



Il est à remarquer que toutes les lignes d'égale portée passent par un point fixe *(fig. 6).*

Une section étant déterminée par sa distance x_1 à l'appui le plus voisin de la poutre de portée l_1 à laquelle elle appartient, le point correspondant à cette section se trouve au croisement de la droite $x = x_1$ et de l'hyperbole $l = l_1$.

20. — Les *lignes de niveau* sont cotées en *tonnes-mètres pour une file de roues.* Elles sont assez rapprochées pour permettre d'apprécier immédiatement en un point quelconque la valeur du moment de flexion.

On pourrait d'ailleurs faire l'interpolation en observant (51) que *les parallèles à l'axe des* x *sont partagées, par les lignes de niveau, en parties proportionnelles aux intervalles de ces lignes.*

Exemple : Le point défini par $x = 27$ *m* et $l = 60$ *m* tombe entre les lignes de niveau 990 et 995 *tm.* On peut estimer que le moment de flexion y a une valeur très voisine de 993 *tm.*

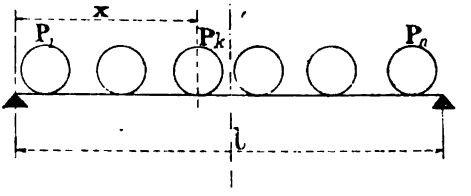
21. — L'abaque est divisé en surfaces polygonales ou *régions* jouissant des propriétés suivantes :

1° En tout point d'une même région, le moment de flexion devient maximum pour une même composition du train et sous la même roue de ce train.

2° D'une section à une autre d'une même poutre et appartenant à une même région, le moment de flexion varie suivant les ordonnées d'une parabole.

Chaque section est désignée par trois numéros *i-k-n*. Cela signifie qu'il faut, pour obtenir le moment maximum, placer la roue n° *k* à l'aplomb de la section, les roues n°s *i*..... *k*—1 du côté de l'appui le plus rapproché, et les roues *k* + 1..... *n* du côté de l'appui le plus éloigné *(fig. 7)*.

Fig. 7



La première région est relative à la roue isolée de 10 *t*.

La deuxième propriété sera utilisée pour tracer le diagramme des moments dans toutes les sections d'une poutre de portée déterminée.

22. — Sur l'abaque on trouve encore des lignes courbes pointillées indiquant le lieu des points où le moment est *maximum maximorum*. Comme en général pour les petites portées il suffit de connaître ce moment, on l'obtiendra immédiatement et l'on saura dans quelles sections et sous quelles charges il se produit.

23. — Il n'est pas sans intérêt de remarquer que trois régions adjacentes ont toujours un point commun. Donc, dans certaines sections de poutres de portées particulières, le moment de flexion acquiert son maximum indifféremment avec trois compositions ou positions distinctes du train.

Enfin, pour des points en plus petit nombre, on trouve que quatre combinaisons différentes de charges produisent le même moment de flexion.

24. — Par suite de la transformation qu'il a fallu faire subir aux équations des moments pour obtenir des lignes de niveau rectilignes, des sections équidistantes dans une travée ne se trouvent pas représentées sur l'abaque par des points équidistants. Ceux-ci sont d'autant plus rapprochés les uns des autres

que les sections sont plus voisines des appuis ; ils s'éloignent les uns des autres au fur et à mesure que les sections se rapprochent du milieu de la travée.

Pour une travée déterminée, on obtiendra donc les moments avec une approximation variable ; ils seront connus plus exactement pour les sections avoisinant le milieu de la travée. Du milieu vers l'appui, l'approximation diminue progressivement, et aux environs de l'appui il peut être assez difficile de bien faire les lectures. Mais il n'y a à cela aucun inconvénient dans la pratique, car on n'a pas besoin en général de connaître avec précision les faibles valeurs des moments aux environs des appuis. La loi que suit l'approximation, dont l'abaque est susceptible, est bien conforme aux desiderata de la pratique.

25. — Les numéros des régions permettent d'obtenir rapidement les équations entre le moment et les deux quantités x et l. Dans chaque région, les coefficients de l'équation sont invariables.

Pour la roue isolée de 10 t, on a, *en supposant que le moment* M *soit exprimé en tonnes-mètres :*

$$M_{10\,t} = 10\,\frac{x\,(l-x)}{l}. \tag{7}$$

Dans une région quelconque, caractérisée par les nos i-k-n, le moment de flexion que nous représenterons par la notation $\overset{k}{{}_iM_n}$, a pour expression :

$$\overset{k}{{}_iM_n} = {}_iA_n\,\frac{x\,(l-x)}{l} - \overset{k}{B_n}\,\frac{x}{l}\,\overset{k}{{}_iC}\,\frac{l-x}{l}, \tag{8}$$

et le *tableau II* donne les valeurs des coefficients ${}_iA_n$, $\overset{k}{B_n}$ et $\overset{k}{{}_iC}$.

Par exemple, dans la région 6-8-11, on a :

$$\overset{8}{{}_6M_n} = 40\,\frac{x\,(l-x)}{l} - 67{,}2\,\frac{x}{l} - 43{,}2\,\frac{l-x}{l}.$$

26. — Le *moment maximum maximorum*, le plus intéressant à considérer dans les poutres de faibles portées, a pour expression, lorsque le système de charges est défini par les nos i-k-n :

$$\overset{k}{{}_iM'_n} = {}_iA_n\,\frac{l}{4} - \frac{\overset{k}{B_n} + \overset{k}{{}_iC}}{2} + \frac{(\overset{k}{B_n} - \overset{k}{{}_iC})^2}{4\,{}_iA_n\,l}. \tag{9}$$

La section dans laquelle il a lieu a une abscisse égale à :

$$x' = \frac{l}{2} - \frac{\overset{k}{B_n} - \overset{k}{{}_iC}}{2\,{}_iA_n}. \tag{10}$$

Exemple : Dans la région 1-2-4, on a :

$$_1^2M_4' = 7l - 16{,}8 + \frac{2{,}52}{l}.$$

et : $$x' = \frac{l}{2} - 0{,}300\ m.$$

IV. — THÉORIE

Propriétés des lignes de niveau.

27. — Nous allons exposer maintenant les relations analytiques dont nous nous sommes servis, les propriétés que nous avons utilisées pour le tracé des abaques et celles qui ont permis de vérifier son exactitude.

Constantes du train.

28. — Certaines quantités, nécessaires au calcul des efforts tranchants et des moments de flexion, sont inhérentes à la constitution du train, c'est-à-dire qu'elles dépendent exclusivement des intensités des charges et de leurs espacements. Nous les appelons les *constantes* du train.

Considérons un convoi partiel formé des charges P_1, P_2 ...

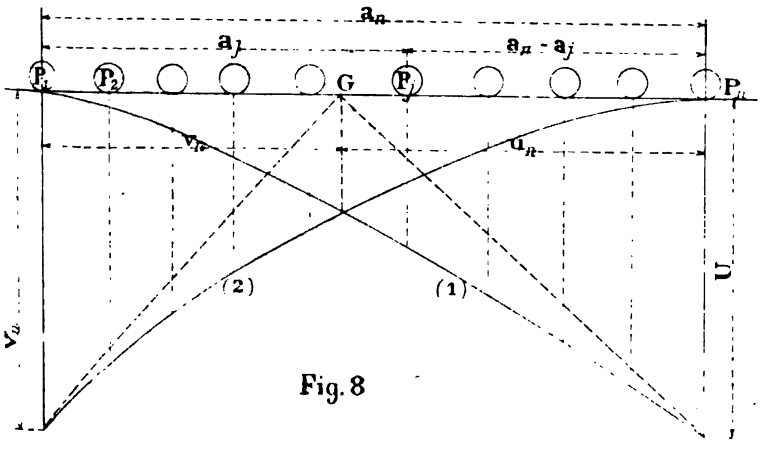


Fig. 8

P_j..... P_n dont les positions relatives sont définies par leurs distances a_2 ... a_j ..... a_n à la charge P_1 *(fig. 8)*.

1° Pour chaque convoi partiel, il y a lieu d'abord de connaître la *somme* ${}_1A_n$ *des intensités des charges* qui le constituent :

$$(11) \qquad {}_1A_n = \sum_{j=1}^{j=n} P_j.$$

2° Construisons, *avec une distance polaire égale à l'unité*, les deux polygones funiculaires (1) et (2), le premier ayant son premier côté, le second son dernier côté horizontal. Nous désignerons par :

U_n l'ordonnée du polygone (1) à l'aplomb de la charge P_n ;

V_n l'ordonnée du polygone (2) à l'aplomb de la charge P_1.

L'ordonnée U_n représente la somme des moments des charges par rapport au point d'application de la charge P_n.

$$(12) \qquad U_n = \sum_{j=1}^{j=n} P_j(a_n - a_j).$$

De même, V_n représente la somme des moments des mêmes charges par rapport au point d'application de la charge P_1.

$$(13) \qquad V_n = \sum_{j=1}^{j=n} P_j a_j.$$

Les relations (12) et (13) conduisent à la condition :

$$U_n + V_n = a_n \sum_{j=1}^{j=n} P_j,$$

où, en vertu de l'équation (11) :

$$(14) \qquad U_n + V_n = {}_1A_n a_n.$$

3° Les deux moments précédents permettent de fixer la position du centre de gravité G des charges $P_1 \ldots P_n$.

La distance de ce point à la charge P_n est :

$$(15) \qquad u_n = \frac{U_n}{{}_1A_n},$$

et sa distance à la charge P_1 a pour expression :

$$(16) \qquad v_n = \frac{V_n}{{}_1A_n},$$

avec la condition :

$$(17) \qquad u_n + v_n = a_n.$$

29. — *Le tableau I* fournit tous les éléments constitutifs du train-type pour voies de largeur normale. On y trouve ensuite, vis-à-vis chacune des valeurs de n, les valeurs numériques des cinq quantités ${}_1A_n$, U_n, V_n, u_n et v_n.

1° Les termes ${}_1A_n$ s'obtiennent immédiatement.

2° Pour le calcul des moments U_n, on s'est d'abord servi de l'équation (12). En l'appliquant au convoi formé des charges $P_1 \dots P_{n+1}$, on a :

$$U_{n+1} = \sum_{j=1}^{j=n+1} P_j (a_{n+1} - a_j).$$

Cette équation, combinée avec (12), conduit à la suivante :

(18) $$U_{n+1} = U_n + (a_{n+1} - a_n)\, {}_1A_n,$$

qui a été utilisée pour les calculs successifs.

3° En procédant de même pour le calcul de V_n, on voit que :

$$V_{n+1} = \sum_{j=1}^{j=n+1} P_j a_j,$$

et :

(19) $$V_{n+1} = V_n + P_{n+1} a_{n+1},$$

ce qui a permis de calculer V_{n+1}, connaissant V_n.

4° La relation (14) a servi pour la vérification des calculs précédents.

5° Les distances u_n et v_n ont été déterminées à l'aide des équations (15) et (16), et les calculs ont été vérifiés par l'équation (17).

Efforts tranchants.

30. — Nous supposerons acquises les deux propositions suivantes :

1° Lorsqu'un convoi parcourt une poutre horizontale à deux appuis simples, l'effort tranchant dans une section quelconque est maximum au moment du passage, à l'aplomb de cette section, de l'une des charges du convoi.

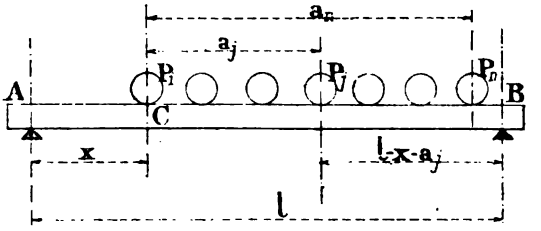
2° Pour les convois spécifiés par le règlement du 29 août 1891, l'effort tranchant est maximum, quelle que soit la section, — *sous l'essieu de tête* des trains-types, dans les ponts supportant des voies ferrées (*), — *sous l'essieu de queue* des convois, dans les ponts-routes. Ce dernier cas se ramène au premier en attribuant aux convois un mouvement rétrograde. Il suffit donc d'étudier les variations de l'effort tranchant sous l'essieu de tête d'un convoi.

31. — *Expression de l'effort tranchant maximum.* — Considérons une section C située à une distance x de l'appui A d'une poutre AB dont la portée est l *(fig. 9)*.

(*) Sauf la légère exception que nous avons rencontrée (11 — 4°).

Plaçons le convoi de façon que la charge de tête P_1 soit à l'aplomb de la section, et supposons que la partie chargée CB de la

Fig. 9



poutre renferme les charges $P_1 \ldots P_n$. L'effort tranchant à gauche de la section C est égal, en valeur absolue, à la réaction de l'appui A.

(20) $$T = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^{j=n} P_j (l - x - a_j).$$

En développant et en utilisant les relations (11) et (13), on peut écrire :

(21) $$Tl = {}_1A_n (l - x) - V_n.$$

32. — Cette équation étant du premier degré en x et l, les lignes de niveau des efforts tranchants seront des droites (5) ; l'équation (21) pourrait donc servir à effectuer le tracé de ces lignes.

Mais comme, d'après le règlement, les convois peuvent circuler dans les deux sens, l'effort tranchant aura les mêmes valeurs absolues dans deux sections disposées symétriquement par rapport au milieu de la portée. Il suffit donc d'obtenir les efforts tranchants dans la moitié de la travée, c'est-à-dire de faire varier x de 0 à $\frac{l}{2}$.

En posant :

(22) $$\frac{l}{2} = y,$$

l'équation (21) devient :

(23) $$2Ty = {}_1A_n (2y - x) - V_n.$$

Si l'on prend deux axes rectangulaires ox et oy, le tracé aura pour limites *(fig. 10)* :

1° La droite $x = 0$ ou *ligne des appuis.*

2° La droite $x = y$ ou *ligne des milieux des travées.*

33. — *Intersections des surfaces.* — L'équation (23) est l'équation générale des surfaces représentatives des efforts tranchants, et ces surfaces diffèrent les unes des autres par les valeurs des coefficients ${}_1A_n$ et V_n.

Considérons deux surfaces consécutives et correspondant l'une

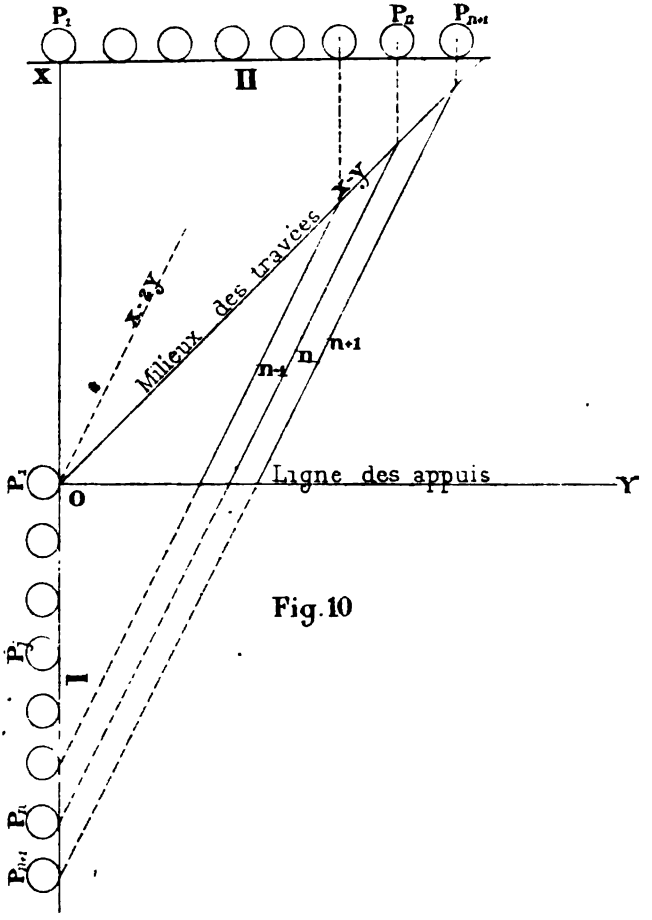


Fig. 10

à n charges, l'autre à $n+1$ charges dans la travée. Elles auront pour équations :

$$2Ty = {}_1A_n(2y - x) - V_n.$$
$$2Ty = {}_1A_{n+1}(2y - x) - V_{n+1}.$$

L'élimination de T donne pour équation de la projection de l'intersection sur le plan oxy :

$$o = ({}_1A_{n+1} - {}_1A_n)(2y - x) - (V_{n+1} - V_n).$$

Or, on a : $${}_1A_{n+1} - {}_1A_n = P_{n+1}$$
$$V_{n+1} - V_n = P_{n+1}\, a_{n+1}$$

et l'équation précédente devient :

(24) $$x = 2y - a_{n+1}.$$

Les projections des intersections des surfaces sont donc des droites toutes parallèles à la droite $x = 2y$ (*)

34. — *Tracé des intersections de surfaces.* — Pour effectuer le tracé des projections des intersections des surfaces, il est commode d'utiliser les remarques suivantes :

1° Plaçons le convoi dans la position (I), les charges étant distribuées le long de l'axe ox prolongé et la charge de tête P_1 à l'origine des axes. Dans cette position, le point d'application de la charge P_{n+1} est un point de la droite, projection de l'intersection des surfaces n et $n+1$.

En effet, en faisant $y = 0$ dans l'équation (24), on obtient $x = -a_{n+1}$, distance des charges P_1 et P_{n+1}.

2° Plaçons le convoi dans la position (II), les charges étant distribuées sur une horizontale quelconque et la charge P_1 sur la verticale ox. Le point de rencontre de la droite $x = y$ avec la verticale du point d'application de la charge P_{n+1} est encore un point de la droite cherchée. On trouve, en effet, que ce point a pour coordonnées $x = y = a_{n+1}$; il suffit, pour cela, de faire $x = y$ dans l'équation (24).

3° Si l'on annule x dans l'équation (24), on a $y = \frac{a_{n+1}}{2}$. Donc la projection de l'intersection des surfaces n et $n+1$ rencontre l'axe oy à une distance de l'origine égale à $\frac{a_{n+1}}{2}$.

De ces trois remarques, deux quelconques serviront à tracer les intersections, la troisième sera utile pour la vérification.

(*) Si l'on avait deux surfaces appartenant à des convois différents, leurs équations pourraient s'écrire :

$$2Ty = A(2y - x) - V \qquad \text{et} \qquad 2Ty = A'(2y - x) - V'$$

d'où pour la projection de leur intersection sur le plan xoy :

$$x = 2y - \frac{V - V'}{A - A'}$$

encore une droite parallèle à celle $x = 2y$.

Le cas se présente, par exemple, pour délimiter les régions convenant à l'essieu de 20 t et au train-type pour voies de largeur normale.

La surface 6-7-13 n'ayant pas une équation de même forme que les autres (17 *bis*), ses intersections avec les surfaces voisines ne se projettent pas suivant des droites parallèles à celle $x = 2y$.

35. — *Propriétés des lignes de niveau.* — L'équation de la ligne de niveau correspondant à une valeur particulière T_1 de l'effort tranchant et appartenant à une surface n est :

$$2T_1 y = {}_1A_n(2y - x) - V_n. \qquad (24)$$

1° *Les lignes de niveau sont des droites,* parce que leur équation est du premier degré en x et y.

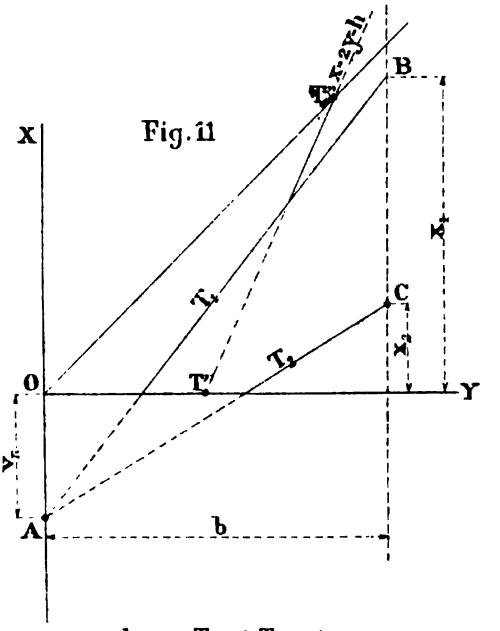
2° *Les lignes de niveau appartenant à une même surface rencontrent l'axe* ox *en un point fixe.* En effet, si l'on fait $y = 0$ dans l'équation (25), on trouve pour l'abscisse cherchée :

$$x' = \frac{V_n}{A_n} = v_n \qquad (26)$$

valeur indépendante de l'effort tranchant.

Si l'on se reporte à la signification du terme v_n (28), on voit que x' est égale à la distance de la charge de tête P_1 au centre de gravité des charges $P_1 \ldots P_n$. Le point fixe coïncide donc avec le centre de gravité des charges $P_1 \ldots P_n$ occupant la position (I) de la figure 10 (*).

Fig. 11



3° *Les lignes de niveau appartenant à une même surface découpent, sur une parallèle quelconque à* ox, *des segments proportionnels à leurs intervalles.* — Considérons, en effet, deux lignes de niveau *(fig. 11)* le long desquelles l'effort tranchant a respectivement pour valeurs T_1 et T_2, et coupons ces deux droites par une parallèle à l'axe des x, $y = b$.

Les équations des deux lignes de niveau étant :

$$2T_1 y = (2y - x)\,{}_1A_n - V_n$$
$$2T_2 y = (2y - x)\,{}_1A_n - V_n$$

(*) Pour la surface 6-7-13, x' est égale à la distance de la charge n° 7 au centre de gravité des charges n°s 6 à 13.

on aura pour les abscisses des points d'intersection :

$$(27)\quad \begin{cases} x_1 = \dfrac{2b}{{}_1A_n}({}_1A_n - T_1) - v_n \\ x_2 = \dfrac{2b}{{}_1A_n}({}_1A_n - T_2) - v_n \end{cases}$$

d'où :

$$(28)\qquad x_1 - x_2 = \frac{2b}{{}_1A_n}(T_2 - T_1)$$

et le segment $x_1 - x_2$ est proportionnel à l'intervalle $(T_2 - T_1)$.

36. — *Tracé des lignes de niveau.* — Les intersections des surfaces étant tracées en projection, les lignes de niveau s'obtiennent de la façon suivante, pour chacune des surfaces représentatives.

1° On porte d'abord *(fig. 11)* sur le prolongement de l'axe ox, une longueur OA égale à la distance v_n calculée au *tableau 1;* on obtient ainsi le point de concours A de toutes les lignes de niveau de la surface considérée.

2° On trace, à une distance convenable b de l'axe ox, une parallèle BC à cet axe, et l'on cherche les points B et C où cette droite rencontre deux lignes de niveau particulières dont les cotes seront T_1 et T_2. On utilisera pour cela les équations (27).

Le segment BC est partagé ensuite en autant de parties égales que l'intervalle minimum adopté pour les lignes de niveau est contenu de fois dans l'intervalle total $T_2 - T_1$. Si cela est nécessaire, on prolonge les divisions au-dessus de B et au-dessous de C.

3° On joint au point fixe A les points de division de la droite BC, en se renfermant dans les limites de la région appartenant à la surface que l'on veut représenter.

4° Si le segment BC est divisé en m parties égales, les lignes de niveau aboutissant aux points de division définiront des efforts tranchants égaux à :

$$\left(T_1 + \frac{T_2 - T_1}{m}\right), \left(T_1 + 2\,\frac{T_2 - T_1}{m}\right), \left(T_1 + 3\,\frac{T_2 - T_1}{m}\right)\ldots$$
$$\left(T_1 + (m-1)\,\frac{T_2 - T_1}{m}\right).$$

Les cotes des lignes de niveau situées au delà de B et en deçà de C s'obtiennent sans difficulté.

5° Il est commode, au point de vue de la rapidité et de l'exactitude des opérations, de choisir la distance b, de façon que le

segment BC $= x_1 - x_2$ soit exactement divisible par m. L'équation (28) montre que, l'intervalle $T_2 - T_1$ étant lui-même divisible par m, il suffit, pour atteindre le but désiré, de déterminer b par la condition que le quotient $\frac{2b}{{}_1A_n}$ s'effectue exactement.

37. — *Vérification du tracé des lignes de niveau.*

1° Une première vérification, et la plus importante, est fournie par cette remarque que les lignes de niveau de deux surfaces voisines doivent se rencontrer sur la projection de l'intersection de ces deux surfaces. Les lignes de niveau des différentes surfaces, correspondant à une valeur identique de l'effort tranchant constituent donc un polygone dont les sommets se trouvent sur les projections des intersections de surfaces.

2° L'exactitude du tracé peut encore être vérifiée en des points particuliers par l'application de la proposition suivante :

Si l'on mène une droite quelconque parallèle à la direction générale des projections des intersections de surfaces, au point où cette droite rencontre l'axe des y *ou la ligne des appuis, l'effort tranchant a une valeur double de celle qu'il a au point où la même droite rencontre la ligne des milieux des travées.*

Menons, sur la figure 11, la droite $x = 2y - h$ ayant la direction indiquée. Le point où elle rencontre l'axe des y a pour coordonnées $x = 0$ et $y = \frac{h}{2}$. En portant ces valeurs dans l'équation (23), on trouve que la valeur correspondante T′ de l'effort tranchant est :

$$T' = {}_1A_n - \frac{V_n}{h}. \qquad (29)$$

Le point où la même droite coupe la droite $x = y$, a pour coordonnées $x = y = h$; d'où pour la valeur T″ de l'effort tranchant en ce point :

$$T'' = \frac{{}_1A_n}{2} - \frac{V_n}{2h} \qquad (30)$$

et T′ est bien le double de T″.

Cette proposition peut s'appliquer immédiatement aux projections des intersections de surface. Ainsi, à l'origine de la ligne de séparation des surfaces 3 et 4, l'effort tranchant T″ est égal à 14 t; il est égal à 7 t à l'extrémité de cette même ligne.

38. — D'une manière générale, pour la projection de l'intersection des surfaces n et $n+1$, on a $h = a_{n+1}$ (33-1°), et au point

où cette ligne coupe l'axe des y on a le plus grand effort tranchant sur la surface n. En appliquant l'équation (29), on a donc :

$$\text{(31)} \qquad \text{max. } T = {}_1A_n - \frac{V_n}{a_{n-1}}.$$

D'autre part, le minimum de l'effort tranchant sur la surface n est, d'après la proposition précédente, égal à la moitié du maximum sur la surface $n-1$, d'où :

$$\text{(32)} \qquad \text{min. } T = \frac{1}{2}\left({}_1A_{n-1} - \frac{V_{n-1}}{a_n}\right).$$

39. — Les propriétés des surfaces de niveau auraient pu se déduire de l'observation que l'équation (23) représente un paraboloïde hyperbolique dont les plans directeurs sont les plans *xoy* et *xo*T.

Les génératrices rectilignes parallèles au plan *xoy* constituent les lignes de niveau.

Les génératrices rectilignes du second système étant parallèles au plan *xo*T, d'un point à un autre de ce plan l'effort tranchant varie proportionnellement aux ordonnées d'une ligne droite.

Moments de flexion.

40. — Nous rappellerons que, dans une section d'une poutre horizontale à deux appuis simples et soumise à l'action d'un système de charges mobiles, le moment de flexion est maximum quand une charge se trouve à l'aplomb de la section.

Il suffit donc d'étudier la variation des moments de flexion sous les charges du convoi.

41. — *Expression du moment de flexion sous une charge.* — Considérons une charge P_k appartenant à un convoi dont les charges $P_i \dots P_n$ sont engagées sur la poutre AB de portée l et soit x la distance, à l'appui A, du point d'application de la charge P_k *(fig. 12)*.

La réaction de l'appui A est :

$$\frac{1}{l}\left[\sum_{j=i}^{j=n} P_j(l - x + a_k - a_j)\right]$$

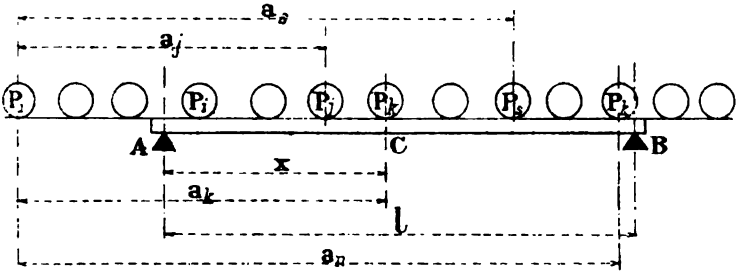
d'où pour le moment de flexion sous la charge P_k, que nous désignons par le symbole ${}_i\overset{k}{M}_n$:

$${}_i\overset{k}{M}_n = \frac{x}{l}\sum_{j=i}^{j=n} P_j(l - x + a_k - a_j) - \sum_{j=i}^{j=k} P_j(a_k - a_j).$$

Cette expression peut encore s'écrire :

$$\overset{k}{{}_i\mathrm{M}_n} = \frac{x(l-x)}{l}\sum_{j=i}^{j=n} \mathrm{P}_j - \frac{x}{l}\sum_{s=k+1}^{s=n} \mathrm{P}_s(a_s - a_k) - \frac{l-x}{l}\sum_{j=i}^{j=k} \mathrm{P}_j(a_k - a_j).$$

Fig. 12



Nous poserons :

$$\sum_{j=i}^{j=n} \mathrm{P}_j = {}_i\mathrm{A}_n \tag{33}$$

$$\sum_{s=k+1}^{s=n} \mathrm{P}_s(a_s - a_k) = \overset{k}{\mathrm{B}}_n \tag{34}$$

$$\sum_{j=i}^{j=k} \mathrm{P}_j(a_k - a_j) = \overset{k}{{}_i\mathrm{C}} \tag{35}$$

et le moment sous la charge P_k aura finalement pour expression :

$$\overset{k}{{}_i\mathrm{M}_n} = {}_i\mathrm{A}_n\frac{x(l-x)}{l} - \overset{k}{\mathrm{B}}_n\frac{x}{l} - \overset{k}{{}_i\mathrm{C}}\frac{l-x}{l}. \tag{36}$$

42. — Le *tableau II* donne les valeurs des trois coefficients ${}_i\mathrm{A}_n$, $\overset{k}{\mathrm{B}}_n$ et $\overset{k}{{}_i\mathrm{C}}$ suivant les valeurs des numéros i, k et n, et pour le train-type des voies de largeur normale. Elles ont été calculées de la manière suivante, à l'aide des *constantes* du train (tableau I).

1° Le coefficient ${}_i\mathrm{A}_n$ ne dépend que des numéros i et n et l'on a évidemment :

$${}_i\mathrm{A}_n = {}_1\mathrm{A}_n - {}_1\mathrm{A}_{i-1}; \tag{37}$$

2° Le coefficient $\overset{k}{\mathrm{B}}_n$ ne dépend que des numéros k et n :

$$\begin{aligned}
\overset{k}{\mathrm{B}}_n &= \sum_{s=k+1}^{s=n} \mathrm{P}_s(a_s - a_k);\\
&= \sum_{s=1}^{s=n} \mathrm{P}_s(a_s - a_k) + \sum_{s=1}^{s=k} \mathrm{P}_s(a_k - a_s);\\
&= \sum_{s=1}^{s=n} \mathrm{P}_s(a_n - a_k - a_n + a_s) + \sum_{s=1}^{s=k} \mathrm{P}_s(a_k - a_s);\\
&= (a_n - a_k)\sum_{s=1}^{s=n} \mathrm{P}_s - \sum_{s=1}^{s=n} \mathrm{P}_s(a_n - a_s) + \sum_{s=1}^{s=k} \mathrm{P}_s(a_k - a_s);
\end{aligned}$$

ou, en vertu des relations (11) et (12) :

$$\overset{k}{B}_n = (a_n - a_k)\,{}_iA_n - U_n + U_k; \tag{38}$$

3° Le coefficient ${}_i\overset{k}{C}$ dépend exclusivement des numéros i et k.

$${}_i\overset{k}{C} = \sum_{j=i}^{j=k} P_j(a_k - a_j);$$

$$= \sum_{j=1}^{j=k} P_j(a_k - a_j) - \sum_{j=1}^{j=i-1} P_j(a_k - a_j);$$

$$= \sum_{j=1}^{j=k} P_j(a_k - a_j) - \sum_{j=1}^{j=i-1} P_j(a_k - a_i + a_i - a_j);$$

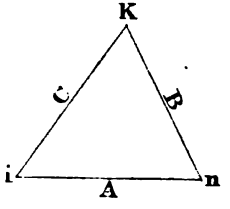
$$= \sum_{j=1}^{j=k} P_j(a_k - a_j) - \sum_{j=1}^{j=i} P_j(a_i - a_j) - (a_k - a_i)\sum_{j=1}^{j=i-1} P_i;$$

ou bien :

$${}_i\overset{k}{C} = U_k - U_i - (a_k - a_i)\,{}_iA_{i-1}. \tag{39}$$

Imaginons un triangle dont les sommets porteront les numéros i, k, n. Les trois côtés pourront représenter les trois coefficients de l'équation des moments *(fig. 13)*, chacun d'eux étant déterminé exclusivement par les numéros des sommets adjacents.

Fig.13



Les expressions des moments, sous des charges différentes du même convoi, ou sous la même charge avec des nombres différents de charges engagées sur la poutre, pourront donc avoir des coefficients communs. Il suffit, pour cela, que les triangles correspondant à ces moments aient deux sommets affectés des mêmes numéros. On peut ajouter aussi qu'il ne peut y avoir qu'un coefficient commun.

43. — L'équation (36) n'est pas du premier degré en x et y; par suite, les lignes de niveau de la surface qu'elle représente ne sont pas des droites. Il convient donc de transformer l'équation.

Pour cela, posons :

$$t = \frac{x}{l - x} \tag{40}$$

et éliminons l entre les équations (36) et (40), nous obtenons :

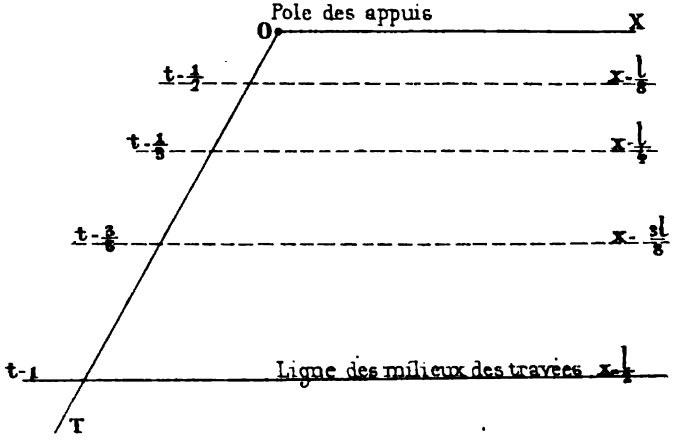
$$(1 + t)\,{}_i\overset{k}{M}_n = {}_iA_n x - \overset{k}{B}_n t - {}_i\overset{k}{C}, \tag{41}$$

équation du premier degré et x et t,

Si donc on la considère comme l'équation de la surface représentative des moments, cette surface aura des lignes de niveau rectilignes.

44. — Prenons deux axes rectilignes quelconques, *ox* et *ot* (*fig. 14*). Comme les convois peuvent circuler dans les deux sens,

Fig. 14



il suffit d'obtenir les moments dans la moitié d'une travée et l'on aura les limites de l'abaque en prenant les valeurs extrêmes de x et de t.

Pour l'appui appartenant à la moitié de la poutre considérée, on a $x = o$ et $t = o$, quelle que soit la portée. L'origine o est donc un pôle commun à tous les appuis.

Pour toutes les sections situées au milieu des travées, on a uniformément $t = 1$. Le diagramme sera donc limité entre les deux parallèles ox et $t = 1$, cette dernière renfermant tous les points correspondants aux milieux des travées.

Lorsque l'abscisse x d'une section est définie par la relation :

$$x = \frac{m}{n} l, \tag{42}$$

la valeur correspondante de t est, d'après l'équation (40) :

$$t = \frac{m}{n - m}. \tag{43}$$

Donc, les points correspondant aux sections, qui jouissent de la propriété indiquée par la relation (42), sont distribués sur des lignes parallèles à l'axe ox.

Si l'on attribue à x les valeurs successives :

$$\frac{l}{n}, \quad \frac{2l}{n}, \quad \frac{3l}{n}, \quad \frac{4l}{n}, \ldots\ldots, \quad \frac{ml}{n}, \ldots\ldots, \quad \frac{l}{2},$$

les valeurs correspondantes de t seront :

$$\frac{1}{n-1}, \quad \frac{2}{n-2}, \quad \frac{3}{n-3}, \quad \frac{4}{n-4}, \ldots\ldots \frac{m}{n-m}, \ldots\ldots 1;$$

la variation de t est donc plus rapide que celle de x. Par suite, l'approximation que fournira le tracé pour les sections avoisinant le milieu des travées sera plus grande que pour les sections rapprochées des appuis. Ce résultat est conforme à ce que la pratique peut exiger.

45. — *Lignes d'égale portée.* — Les lignes d'égale portée sont les lignes de niveau de la surface représentée par l'équation (40). Une ligne d'égale portée est encore le lieu de tous les points qui correspondent aux sections d'une même poutre.

Pour une portée particulière l_1, l'équation de la ligne correspondante est :

$$t = \frac{x}{l_1 - x}, \tag{44}$$

et elle représente une *hyperbole*, dont les asymptotes sont parallèles aux axes ox et ot.

46. — *Propriétés des lignes d'égale portée.* — 1° Les lignes d'égale portée passent toutes par le pôle des appuis. En effet, leur équation est satisfaite par les valeurs simultanées $x = o$ et $t = o$, quelles que soient les portées *(fig. 15)*;

2° Au pôle, la tangente à l'hyperbole d'égale portée l_1 rencontre la droite $t = 1$ en un point situé à une distance l_1 de l'axe ot.

En effet, l'équation (44) donne pour le coefficient angulaire de la tangente en un point quelconque :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{l_1 - x}{1 + t} \tag{45}$$

au pôle $x = o$ et $t = o$, d'où :

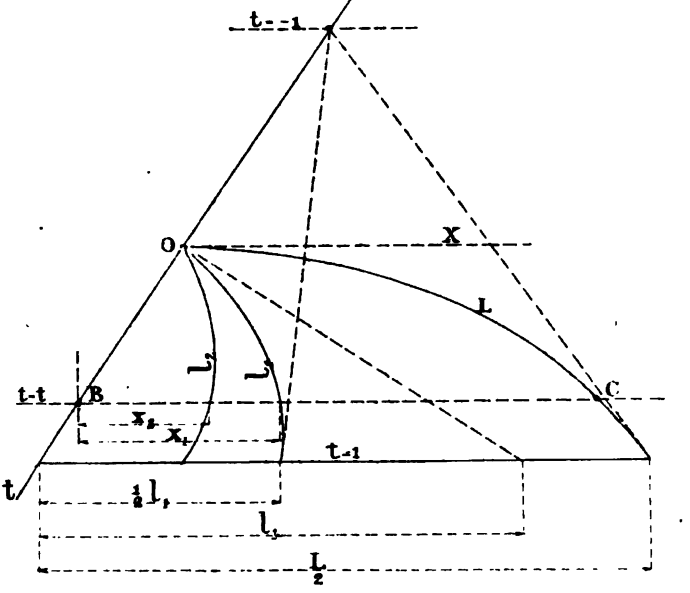
$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_0 = l_1,$$

ce qui justifie la proposition énoncée;

3° L'hyperbole l_1 rencontre la droite $t = 1$ en un point qui a

pour abscisse $\frac{l_1}{2}$. Si l'on fait dans l'équation (45) $x = \frac{l_1}{2}$ et $t = 1$, on trouve $\left(\frac{dx}{dt}\right)_1 = \frac{l_1}{4}$. Ce résultat montre que toutes les tangentes aux hyperboles d'égale portée, aux points où ces courbes rencon-

Fig. 15



trent la droite $t = 1$, passent par un point fixe qui est le point d'intersection de l'axe ot avec la droite $t = -1$;

4° Les segments découpés sur une même parallèle à l'axe ox, par des lignes d'égale portée l_1, l_2, l_3.... sont proportionnels aux intervalles $l_1 - l_2$, $l_2 - l_3$,... etc.

En effet, coupons les deux hyperboles :

$$t = \frac{x}{l_1 - x}$$

$$t = \frac{x}{l_2 - x}$$

par une droite $t = t'$ parallèle à l'axe ox. Les abscisses x_1 et x_2 des points d'intersection auront pour valeurs :

$$x_1 = \frac{t'}{1 + t'} l_1$$

$$x_2 = \frac{t'}{1 + t'} l_2,$$

d'où :

$$x_1 - x_2 = \frac{t'}{1+t'}(l_1 - l_2), \tag{46}$$

ce qu'il fallait démontrer.

47. — *Tracé des lignes d'égale portée* — On commence par tracer soigneusement, à l'aide de points et de tangentes, la ligne de plus grande portée L compatible avec les dimensions de l'épure *(fig. 15)*.

On mène ensuite une série de droites, telles que BC parallèles à l'axe *ox*, et on partage chaque segment total en un même nombre de parties égales dont chacune correspond à l'intervalle adopté entre les portées successives que l'on veut représenter. Il reste à réunir, par des courbes continues, les points qui se correspondent dans chaque segment; aux extrémités, les directions des courbes seront fixées par le tracé préalable des tangentes.

48. — *Intersections des surfaces des moments.* — Les projections, sur le plan *xot*, des intersections des surfaces des moments sont rectilignes. Considérons, en effet, deux surfaces ayant pour équations :

$$(1+t)\,M = A'x - B't - C'$$
$$(1+t)\,M = A''x - B''t - C''$$

et éliminons le moment M, nous avons ainsi l'équation de la projection de l'intersection des deux surfaces :

$$(A' - A'')x - (B' - B'')t - (C' - C'') = 0, \tag{47}$$

laquelle est du premier degré.

D'une manière générale, cette droite sera déterminée par les points où elle coupe l'axe *ox* et la droite $t = 1$ *(fig. 16)*.

En faisant $t = o$ dans l'équation (47), on a :

$$x_0 = \frac{C' - C''}{A' - A''} \tag{48}$$

et l'hypothèse $t = 1$ fournit :

$$x_1 = \frac{(B' - B'') + (C' - C'')}{A' - A''}. \tag{49}$$

Voyons maintenant les cas particuliers qui peuvent se présenter :

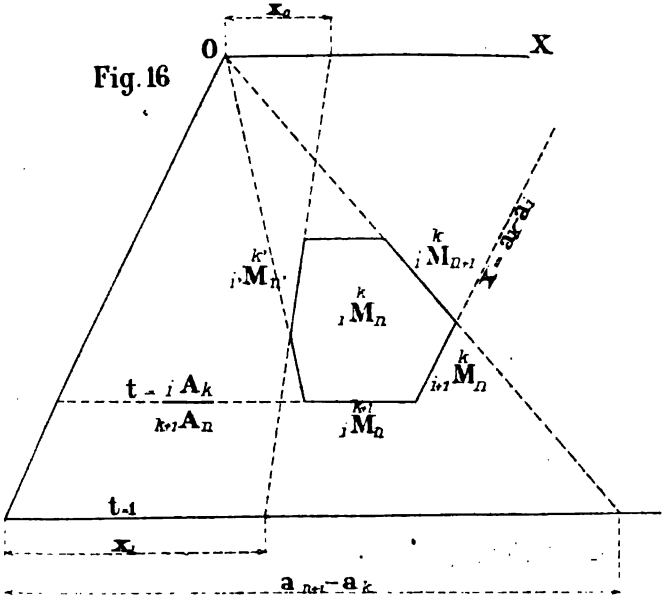
1° $A' - A'' = 0$. L'équation (47) se réduit à :

$$t = -\frac{C' - C''}{B' - B''} \tag{50}$$

et la droite est parallèle à l'axe des *x*.

Ce cas se présente lorsque, aux deux surfaces qui se coupent, correspondent deux convois, tels que les sommes des intensités des charges engagées sur la poutre sont identiques de part et

Fig. 16



d'autre. On voit immédiatement que cela arrive pour les surfaces représentatives des moments sous deux charges consécutives d'un même convoi partiel.

Considérons ce dernier cas, et soient les équations des deux surfaces des moments sous les charges P_k et P_{k+1}, les charges engagées étant $P_i \ldots\ldots P_n$:

$$(1 + t)\,{}_i^k\mathrm{M}_n = {}_i\mathrm{A}_n x - {}^k\mathrm{B}_n\, t - {}_i^k\mathrm{C}$$

$$(1 + t)\,{}_i^{k+1}\mathrm{M}_n = {}_i\mathrm{A}_n x - {}^{k+1}\mathrm{B}_n\, t - {}_i^{k+1}\mathrm{C}.$$

L'équation de la projection de l'intersection est :

$$t = -\frac{{}_i^k\mathrm{C} - {}_i^{k+1}\mathrm{C}}{{}^k\mathrm{B}_n - {}^{k+1}\mathrm{B}_n}.$$

On a, d'après l'équation (38) :

$${}^k\mathrm{B}_n - {}^{k+1}\mathrm{B}_n = -(a_k - a_{k+1})\,{}_1\mathrm{A}_n + (\mathrm{U}_k - \mathrm{U}_{k+1}),$$

ou encore, en faisant intervenir la relation (18) :

$$\overset{k}{B}_n - \overset{k+1}{B}_n = (a_{k+1} - a_k)({}_1A_n - {}_1A_k) = (a_{k+1} - a_k)\,{}_{k+1}A_n.$$

De même, en vertu des équations (39) et (18), on a :

$${}_i\overset{k}{C} - {}_i\overset{k+1}{C} = U_k - U_{k+1} + (a_{k+1} - a_k)\,{}_1A_{i-1} = -(a_{k+1} - a_k)\,{}_iA_k,$$

d'où, pour l'équation de la projection de l'intersection des deux surfaces ${}_i\overset{k}{M}_n$ et ${}_i\overset{k+1}{M}_n$:

$$t = \frac{{}_iA_k}{{}_{k+1}A_n}; \tag{51}$$

2° $B' - B'' = 0$. — L'équation (47) se réduit à :

$$x = \frac{C' - C''}{A' - A''}, \tag{52}$$

elle représente une droite parallèle à l'axe *ot*.

Deux surfaces quelconques ${}_i\overset{k}{M}_n$ et ${}_{i'}\overset{k'}{M}_{n'}$, se trouveront, dans ce cas, lorsque la somme des moments, par rapport au point d'application de la charge P_k, des autres charges P_{k+1}..... P_n, sera égale à la somme des moments des charges $P_{k'+1}$ ..... $P_{n'}$, par rapport au point d'application de la charge $P_{k'}$. Il suffit, pour le voir, de se reporter à la relation (34).

Considérons, en particulier, les deux surfaces ${}_i\overset{k}{M}_n$ et ${}_{i+1}\overset{k}{M}_n$, qui satisfont à la condition ci-dessus; leurs équations sont :

$$(1 + t)\,{}_i\overset{k}{M}_n = {}_iA_n x - \overset{k}{B}_n t - {}_i\overset{k}{C}$$
$$(1 + t)\,{}_{i+1}\overset{k}{M}_n = {}_{i+1}A_n x - \overset{k}{B}_n t - {}_{i+1}\overset{k}{C},$$

et leur intersection a pour projection :

$$x = \frac{{}_i\overset{k}{C} - {}_{i+1}\overset{k}{C}}{{}_iA_n - {}_{i+1}A_n}.$$

Or, nous savons que :

$${}_iA_n - {}_{i+1}A_n = P_i.$$

D'autre part, les relations (39) et (18) permettent d'écrire :

$$\begin{aligned} {}_i\overset{k}{C} - {}_{i+1}\overset{k}{C} &= U_{i+1} - U_i + (a_k - a_{i+1})\,{}_1A_i - (a_k - a_i)\,{}_1A_{i-1} \\ &= (a_{i+1} - a_i)\,{}_1A_i + (a_k - a_{i+1})\,{}_1A_i - (a_k - a_i)\,{}_1A_{i-1} \\ &= (a_k - a_i)\,P_i \end{aligned}$$

d'où, pour l'équation de la projection de l'intersection des deux surfaces ${}_i\overset{k}{M}_n$ et ${}_{i+1}\overset{k}{M}_n$:

$$x = a_k - a_i ; \tag{53}$$

3° $C' - C'' = 0$. — L'équation (47) peut alors s'écrire :

$$x = \frac{B' - B''}{A' - A''} t \tag{54}$$

et elle représente une droite passant par l'origine des axes.

Ce fait se produit lorsque la somme des moments, par rapport au point d'application de la charge P_k des charges $P_i \ldots\ldots P_{k-1}$, est identique pour les deux convois considérés.

En particulier, les surfaces ${}_i\overset{k}{M}_n$ et ${}_i\overset{k}{M}_{n+1}$ se trouvent dans ce cas. Leurs équations sont :

$$(1 + t)\,{}_i\overset{k}{M}_n = {}_iA_n x - \overset{k}{B}_n t - {}_i\overset{k}{C}$$

$$(1 + t)\,{}_i\overset{k}{M}_{n+1} = {}_iA_{n+1} x - \overset{k}{B}_{n+1} t - {}_i\overset{k}{C}$$

et la projection de leur intersection est :

$$x = \frac{\overset{k}{B}_{n+1} - \overset{k}{B}_n}{{}_iA_{n+1} - {}_iA_n} t ;$$

or :

$${}_iA_{n+1} - {}_iA_n = P_{n+1}$$

et l'on a, d'après les équations (38) et (18) :

$$\begin{aligned}\overset{k}{B}_{n+1} - \overset{k}{B}_n &= (a_{n+1} - a_k)\,{}_1A_{n-1} - (a_n - a_k)\,{}_1A_n - (U_{n+1} - U_n) \\ &= (a_{n+1} - a_k)\,{}_1A_{n+1} - (a_n - a_k)\,{}_1A_n - (a_{n+1} - a_n)\,{}_1A_n \\ &= (a_{n+1} - a_k) P_{n+1}.\end{aligned}$$

Il en résulte que l'équation de la projection de l'intersection des deux surfaces ${}_i\overset{k}{M}_n$ et ${}_i\overset{k}{M}_{n+1}$ est :

$$x = (a_{n+1} - a_k) t. \tag{55}$$

Le point où cette droite coupe la droite $t = 1$ a pour abscisse :

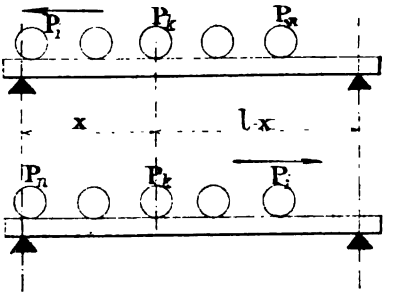
$$x_1 = a_{n+1} - a_k. \tag{56}$$

Nous avons représenté, sur la figure 16, les intersections correspondant aux cas particuliers 1°, 2° et 3°.

49. — Le convoi pouvant circuler dans les deux sens, il est nécessaire de comparer les moments produits dans les deux cas, afin de pouvoir représenter les plus grands d'entre eux.

La figure 17 montre une poutre portant le même convoi dans deux positions, différant par l'orientation du convoi. Dans les deux cas, la même charge est à l'aplomb de la même section. Il s'agit de reconnaître pour quelle position le moment sous la charge P_k est le plus grand.

Fig.17



D'après le symbole adopté pour représenter les moments, le premier sera désigné par $\overset{k}{{}_iM_n}$ et le second par $\overset{k}{{}_nM_i}$; leurs expressions sont :

$$(1 + t)\overset{k}{{}_iM_n} = {}_iA_n x - \overset{k}{B_n} t - \overset{k}{{}_iC}$$

$$(1 + t)\overset{k}{{}_nM_i} = {}_nA_i x - \overset{k}{B_i} t - \overset{k}{{}_nC}.$$

Les relations (33), (34) et (35) permettent d'écrire :

$${}_nA_i = {}_iA_n$$

$$\overset{k}{B_i} = \overset{k}{{}_iC}$$

$$\overset{k}{{}_nC} = \overset{k}{B_n},$$

ce qui conduit à l'expression suivante, pour le moment $\overset{k}{{}_nM_i}$:

$$(57) \qquad (1 + t)\overset{k}{{}_nM_i} = {}_iA_n x - \overset{k}{{}_iC}\, t - \overset{k}{B_n}.$$

Prenons la différence des deux moments, nous aurons :

$$(1 + t)(\overset{k}{{}_iM_n} - \overset{k}{{}_nM_i}) = (\overset{k}{B_n} - \overset{k}{{}_iC})(1 - t).$$

Comme t ne peut varier que de 0 à 1, il en résulte que :

1° Les moments $\overset{k}{{}_iM_n}$ et $\overset{k}{{}_nM_i}$ sont égaux pour $t = 1$, c'est-à-dire dans les sections des milieux des travées;

2° Le moment $\overset{k}{{}_iM_n}$ est supérieur au moment $\overset{k}{{}_nM_i}$, lorsque $\overset{k}{B_n}$ est lui-même plus grand que $\overset{k}{{}_iC}$;

3° Le moment $\overset{k}{{}_nM_i}$ est supérieur au moment $\overset{k}{{}_iM_n}$, lorsque $\overset{k}{B_n}$ est plus petit que $\overset{k}{{}_iC}$.

Dans ce dernier cas, il faut substituer la surface représentative du moment $\overset{k}{{}_nM_i}$ à celle du moment $\overset{k}{{}_iM_n}$. Les intersections de cette

nouvelle surface avec les surfaces voisines s'obtiennent par les procédés du n° 48.

50. — *Tracé des projections des intersections de surfaces.* — En général, pour un convoi déterminé, les numéros $i \ldots\ldots n$ des charges engagées sur une poutre, et correspondant à des moments maximums, sont très variables, et il convient de procéder avec méthode, afin de n'oublier aucune combinaison utile.

1° Pour cela, on commence d'abord par constituer, à l'aide du convoi donné, plusieurs convois particuliers (α), différant entre eux par le numéro i de leur charge de tête, et que l'on suppose pouvoir donner lieu à des moments maximums. Cette opération, qui paraît délicate, se fait aisément lorsqu'on a quelque habitude de l'étude des charges mobiles. Ainsi, avec le train-type pour voies de largeur normale, nous avons formé sept convois dont les charges de tête étaient successivement P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6 et P_7;

2° Avec chacun des convois α, on forme les convois partiels β :

$$\beta_1 \quad — \quad P_i$$
$$\beta_2 \quad — \quad P_i + P_{i+1}$$
$$\beta_3 \quad — \quad P_i + P_{i+1} + P_{i+2}$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\beta_{n+1} \quad — \quad P_i + P_{i+1} + P_{i+2} + \ldots\ldots\ldots + P_n ;$$

3° Pour chaque convoi β, on écrit les expressions des moments sous chacune des charges de ce convoi, en ayant soin de considérer les deux orientations possibles du train, si cela est nécessaire (49-3°). On cherche ensuite les projections des intersections des surfaces de ces différents moments (48-1°). Cette recherche permettra de faire une première élimination, certaines surfaces pouvant être inutilisables;

4° On détermine ensuite les intersections des surfaces de chaque convoi β avec les surfaces du convoi suivant (48-2° et 3°). On obtient ainsi un réseau de polygones renfermant chacun la région correspondant à une surface particulière du moment;

5° On effectue les mêmes opérations pour chacun des convois α, et sur des feuilles séparées;

6° On combine les tracés relatifs à deux convois α_1 et α_2, en déterminant les intersections de surfaces et en faisant les éliminations qui en résultent. La ligne de partage de deux convois α_1

et α_2 est évidemment une ligne continue; cette remarque sert de guide pour le choix des surfaces à étudier.

Sur le dernier tracé, on rapporte celui qui est relatif à un troisième convoi α, et l'on continue de la sorte jusqu'à ce que l'on obtienne finalement un diagramme où se trouvent représentées les seules combinaisons des charges utiles à considérer.

Trois surfaces quelconques des moments ayant toujours un point commun, une ligne quelconque du réseau polygonal aboutit toujours au point de croisement des deux autres. Cela constitue une vérification précieuse de l'exactitude du tracé.

51. — *Propriétés des lignes de niveau.* — Considérons une surface de moments $\overset{k}{{}_i\mathrm{M}_n}$; si l'on donne au moment une valeur constante M_1, l'équation de la ligne de niveau correspondante sera :

$$(1+t)\,\mathrm{M}_1 = {}_i\mathrm{A}_n\,x - \overset{k}{\mathrm{B}_n}\,t - \overset{k}{{}_i\mathrm{C}}. \tag{58}$$

1° *Les lignes de niveau sont des droites*, parce que leur équation est du premier degré en x et y;

2° *Les lignes de niveau appartenant à une même surface rencontrent la droite* $t = -1$ *en un point fixe.* Si l'on fait, en effet, $t = -1$ dans l'équation (58), on trouve pour l'abscisse du point de rencontre cherché :

$$x' = -\frac{\overset{k}{\mathrm{B}_n} - \overset{k}{{}_i\mathrm{C}}}{{}_i\mathrm{A}_n}, \tag{59}$$

valeur indépendante du moment de flexion et constante pour une même surface.

En se reportant aux équations (34) et (35), on voit que la différence $\overset{k}{\mathrm{B}_n} - \overset{k}{{}_i\mathrm{C}}$ représente la somme des moments, par rapport au point d'application de la charge P_k, de toutes les charges $\mathrm{P}_i \ldots \mathrm{P}_n$. Par suite, la valeur absolue de x' est égale à la distance, à la charge P_k, du centre de gravité des charges $\mathrm{P}_i \ldots \mathrm{P}_n$. L'abscisse x' est toujours négative, puisque l'on n'a à considérer que les surfaces pour lesquelles le coefficient B est supérieur au coefficient C (49).

Plaçons le convoi $\mathrm{P}_i \ldots \mathrm{P}_n$ sur la droite $t = -1$, de façon que la charge P_k soit sur l'axe ot, et la charge P_i du côté des x positifs. Dans cette position, le centre de gravité coïncide avec le point fixe A des lignes de niveau *(fig. 18)*.

3° *Les lignes de niveau appartenant à une même surface découpent, sur une parallèle quelconque à* ox, *des segments proportionnels à leurs intervalles.* Considérons en effet deux lignes de niveau *(fig. 18)*, le long desquelles le moment de flexion a respectivement pour

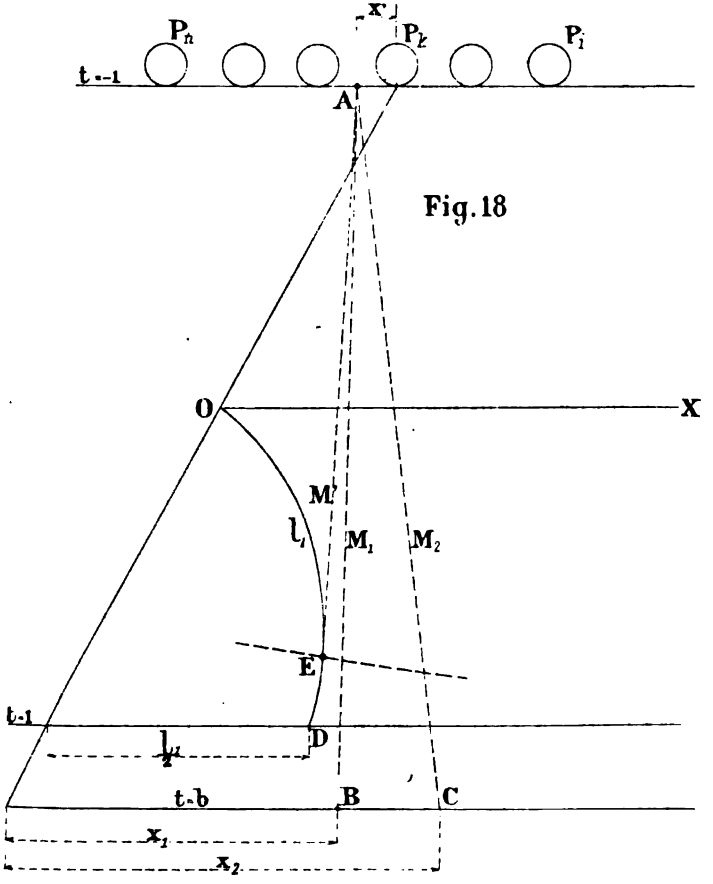


Fig. 18

valeurs M_1 et M_2, et coupons ces deux droites par une parallèle à l'axe des x, $t = b$.

Les équations des deux lignes de niveau étant :

$$(1 + t)M_1 = {}_iA_n x - \overset{k}{B}_n t - {}_i\overset{k}{C}$$

$$(1 + t)M_2 = {}_iA_n x - \overset{k}{B}_n t - {}_i\overset{k}{C}$$

on aura pour les abscisses des points d'intersection :

$$(60)\quad \begin{cases} x_1 = \dfrac{(1+b)\,M_1 + \overset{k}{B}_n b + {}_i\overset{k}{C}}{{}_iA_n} \\ x_2 = \dfrac{(1+b)\,M_2 + \overset{k}{B}_n\, b + {}_i\overset{k}{C}}{{}_iA_n} \end{cases}$$

d'où :

$$(61)\qquad x_2 - x_1 = \frac{1+b}{{}_iA_n}(M_2 - M_1)$$

et le segment $x_2 - x_1$ est bien proportionnel à l'intervalle $(M_2 - M_1)$.

52. — *Tracé des lignes de niveau.* — Ce tracé s'effectue comme celui des lignes de niveau des efforts tranchants (35), en utilisant les propriétés précédentes.

Dans l'application de la troisième propriété, il conviendra de choisir b de façon que le quotient $\dfrac{1+b}{{}_iA_n}$ s'obtienne exactement.

Comme vérification, les lignes de niveau d'égale puissance, et appartenant à des surfaces différentes, doivent se rencontrer sur la projection de l'intersection de ces surfaces.

53. — *Lignes des moments maximums maximorum.* — Pour une surface déterminée, la ligne des moments maximums maximorum est le lieu des points définissant pour chaque travée la section où la valeur du moment maximum est plus grande que dans toutes les autres sections de la même travée.

Pour trouver l'équation d'une telle ligne, il faut annuler la dérivée $\dfrac{dM}{dx}$, prise en supposant la portée l constante.

L'équation (36) donne, dans le système de coordonnées x et l :

$$(62)\qquad \frac{dM}{dx} = {}_iA_n\frac{l-2x}{l} - \overset{k}{B}_n\frac{1}{l} + {}_i\overset{k}{C}\frac{1}{l} - 0$$

d'où l'on tire :

$$(63)\qquad x = \frac{l}{2} - \frac{\overset{k}{B}_n - {}_i\overset{k}{C}}{2\,{}_iA_n}.$$

En portant cette valeur de x dans l'équation (36) on obtient pour l'expression du moment maximum maximorum :

$$(64)\qquad {}_i\overset{k}{M}'_n = {}_iA_n\,\frac{l}{4} - \frac{\overset{k}{B}_n + {}_i\overset{k}{C}}{2} + \frac{(\overset{k}{B}_n - {}_i\overset{k}{C})^2}{4\,{}_iA_n l}.$$

Si, au lieu des coordonnées x et l, on prend les coordonnées x et t de l'abaque, l'équation (63) se transforme en :

$$x\frac{1-t}{t} = \frac{{}^{k}\mathrm{B}_{n} - {}^{k}\mathrm{C}}{{}_{t}\mathrm{A}_{n}}. \tag{65}$$

Telle est l'équation de la ligne des moments maximums maximorum. Elle représente une hyperbole dont l'une des asymptotes est la droite $t = 1$; la seconde est parallèle à l'axe ot.

L'équation (65) peut servir à tracer la ligne par points.

54. — *Propriété géométrique des lignes des moments maximums maximorum.* — Pour une surface déterminée, la ligne des moments maximums maximorum est encore le lieu des points de contact des lignes de niveau avec les hyperboles d'égale portée.

Traçons, sur la figure 18, la ligne d'égale portée l_1, et menons du point A (point de concours des lignes de niveau de la surface considérée) la tangente AE à l'hyperbole. Soit M′ la valeur du moment le long de la ligne de niveau AE. A toute autre ligne de niveau coupant la ligne d'égale portée l_1 correspondra une valeur du moment inférieure à M′. Le point de contact E est donc bien le point de la ligne l_1 où le moment atteint sa plus grande valeur.

Cette propriété peut servir à déterminer des points particuliers de la ligne des moments maximums maximorum. En outre, elle permet de reconnaître immédiatement, après le tracé des lignes d'égale portée et des lignes de niveau, quelles sont les surfaces sur lesquelles on peut rencontrer de pareilles lignes.

55. — Il n'est peut-être pas sans intérêt de remarquer que l'équation (41) des moments, transformée de l'équation (36), représente une paraboloïde hyperbolique qui admet les plans xot et xoM pour plans directeurs.

Le système de génératrices rectilignes parallèles au plan xot fournit les lignes de niveau.

La considération des génératrices parallèles au plan xoM donne une autre démonstration de la troisième propriété de ces lignes de niveau (51).

V. — APPLICATION DE L'ABAQUE DES MOMENTS DE FLEXION

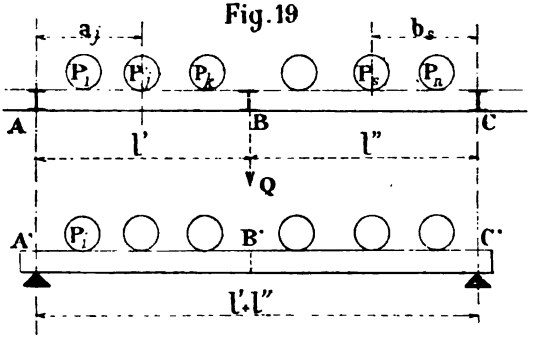
à la détermination des charges reportées sur les pièces de pont.

56. — Lorsque les charges d'un convoi sont transmises aux maîtresses poutres d'un pont par l'intermédiaire de pièces de pont et de longerons, on suppose, dans le calcul ordinaire des pièces de pont, que sur celles-ci les longerons sont discontinus et articulés.

C'est en admettant l'exactitude de cette hypothèse que l'on peut déterminer les charges reportées sur les pièces de pont, à l'aide de l'abaque des moments de flexion.

57. — Soient *(fig. 19)* trois pièces de pont A, B, C, supportant des longerons AB, BC, lesquels reçoivent directement l'action des charges roulantes. Il s'agit de déterminer la charge reportée sur la pièce de pont B.

Fig. 19



En raison de l'hypothèse précédente, les charges situées en arrière de A et en avant de C n'exercent aucune influence sur la pièce B, et la charge Q que celle-ci reçoit est égale en valeur absolue à la somme des réactions sur leur appui commun B des deux longerons AB et BC. Donc :

$$(66) \qquad Q = \frac{1}{l'} \sum_{j=i}^{j=k} P_j a_j + \frac{1}{l''} \sum_{s=k+1}^{s=n} P_s b_s$$

et :

$$(67) \qquad Q \frac{l'l''}{l'+l''} = \frac{l''}{l'+l''} \sum_{j=i}^{j=k} P_j a_j + \frac{l'}{l'+l''} \sum_{s=k+1}^{s=n} P_s b_s.$$

Or, le second membre de cette dernière équation représente aussi le moment de flexion M qui serait développé, dans la section B′ d'une poutre A′C′ *(fig. 19)*, par les mêmes charges occupant sur cette poutre les mêmes positions relativement aux appuis A′, C′

et à la section B′ que par rapport aux trois pièces de pont A, C, B. Par suite, on peut écrire :

$$Q \frac{l'l''}{l' + l''} = M$$

ou :

$$Q = M \frac{l' + l''}{l'l''}. \tag{68}$$

Le maximum de Q se produit donc dans les mêmes conditions que le maximum de M, et il lui est proportionnel. (Proposition due à M. Bertrand de Fontviolant.)

L'abaque fournit le maximum de M au point pour lequel on a :

$$x_1 = l' \quad \text{si} \quad l' < l''$$
$$l_1 = l' + l''.$$

L'équation (68) donne ensuite la valeur de Q.

L'abaque montre encore quelles sont les charges qui donnent le maximum de Q et quelle est leur position. Il est à peine nécessaire de faire remarquer qu'il doit y avoir toujours une charge à l'aplomb de la pièce de pont B.

58. — Dans le cas très général où $l' = l''$, l'expression (68) se simplifie et devient :

$$Q = \frac{2M}{l'}. \tag{69}$$

Les moments sont à lire sur la ligne $t = 1$ pour laquelle on a constamment $x = \frac{l}{2}$.

Note sur l'abaque des moments de flexion.

Pour trouver sur l'abaque des moments de flexion la position du point correspondant à une section déterminée d'une poutre dont la portée est l_1, nous avons dit (19) qu'il fallait prendre l'intersection de la ligne d'égale portée l_1 avec la droite $x = x_1$, x_1 étant la distance de la section à l'appui le plus rapproché.

Nous aurions pu éviter le tracé des hyperboles d'égale portée, et leur substituer un système de droites. En effet, dans l'équation (40) :

$$t = \frac{x}{l - x},$$

qui nous a servi à définir les lignes d'égale portée, on peut regarder comme variables les trois quantités t, x et $l - x = y$, d'où :

$$ty = x.$$

Cette équation étant du premier degré en t et x, les lignes de niveau de la quantité y sont rectilignes, et elles jouissent des propriétés suivantes :

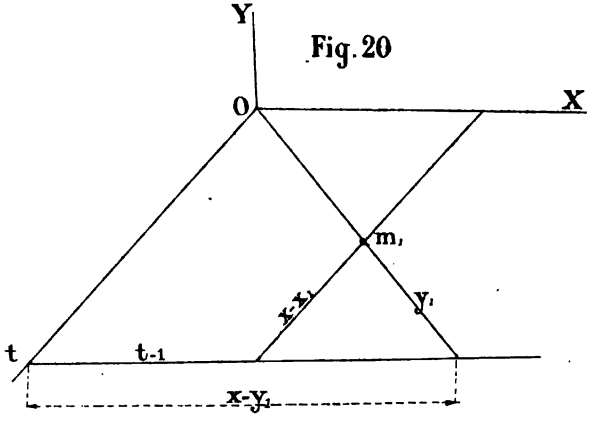
1° Elles passent toutes par l'origine o des axes aux pôles des appuis ;

2° Une ligne de niveau y_1 coupe la droite $t = 1$ ou ligne des milieux des travées en un point dont l'abscisse est égale à y_1.

Ces propriétés auraient permis de tracer un faisceau de droites rendant moins indispensable le réseau hyperbolique des lignes d'égale portée.

Malgré la simplicité de ce tracé, nous n'avons pas cru devoir l'adopter, parce que les nouvelles lignes de niveau se seraient

Fig. 20



confondues avec un grand nombre de projections des intersections des surfaces des moments, surtout aux environs du pôle des appuis. Il nous a paru en outre utile, au point de vue pratique, de fournir les lignes d'égale portée dont la considération n'est point dénuée d'intérêt.

Une ligne quelconque de niveau y_1 étant facile à tracer, même avec les indications actuelles de l'abaque, on pourra s'en servir pour trouver les points correspondant à des sections d'une poutre dont la portée n'est pas représentée. Aussi, croyons-nous bon de signaler ce nouveau procédé.

TABLEAUX I & II

DU

TRAIN-TYPE POUR VOIES DE LARGEUR NORMALE

TABLEAU I

Train-Type pour voies de largeur normale.

ÉLÉMENTS DU TRAIN-TYPE					CONSTANTES DU TRAIN-TYPE					
VÉHICULES	NUMÉROS des CHARGES n	INTENSITÉS des CHARGES P_n	DISTANCES de la CHARGE P'_n à la CHARGE P_1 a_n	ESPACEMENTS des CHARGES $a_n - a_{n-1}$	NUMÉROS des CHARGES n	SOMMES des INTENSITÉS des charges $P_1 \ldots P_n$ ${}_1A_n$	SOMMES DES MOMENTS DES CHARGES $P_1 \ldots P_n$ par rapport à la CHARGE P_n U_n	SOMMES DES MOMENTS DES CHARGES $P_1 \ldots P_n$ par rapport à la CHARGE P_1 V_n	DISTANCES du CENTRE DE GRAVITÉ à la CHARGE P_n u_n	DISTANCES du CENTRE DE GRAVITÉ à la CHARGE P_1 v_n
		t	m	m		t	t	t	m	m
	1	7	0,00		1	7	0,0	0,0	0,000	0,000
				1,20						
1re	2	7	1,20		2	14	8,4	8,4	0,600	0,600
				1,20						
Machine	3	7	2,40		3	21	25,2	25,2	1,200	1,200
				1,20						
	4	7	3,60		4	28	50,4	50,4	1,800	1,800
				4,60						
1er	5	6	8,20		5	34	179,2	99,6	5,2706	2,9294
				2,50						
Tender	6	6	10,70		6	40	264,2	163,8	6,605	4,095
				4,60						
	7	7	15,30		7	47	448,2	270,9	9,536	5,764
				1,20						
2e	8	7	16,50		8	54	504,6	386,4	9,3445	7,1555
				1,20						
Machine	9	7	17,70		9	61	569,4	510,3	9,3344	8,3656

Tender	12	0	26,00	3,80
1er Wagon	13	4	29,50	3,50
	14	4	32,50	3,00
2e Wagon	15	4	35,50	3,00
	16	4	38,50	3,00
3e Wagon	17	4	41,50	3,00
	18	4	44,50	3,00
4e Wagon	19	4	47,50	3,00
	20	4	50,50	3,00
5e Wagon	21	4	53,50	3,00
	22	4	56,50	3,00
6e Wagon	23	4	59,50	3,00
	24	4	62,50	3,00
7e Wagon	25	4	65,50	3,00
	26	4	68,50	3,00
8e Wagon	27	4	71,50	3,00
	28	4	74,50	3,00
9e Wagon	29	4	77,50	3,00
	30	4	80,50	

12	80	1 140,4	838,6	14,285	11,745
13	84	1 420,4	1 057,6	16,9095	12,5905
14	88	1 672,4	1 187,6	19,00455	13,49545
15	92	1 936,4	1 329,6	21,048	14,452
16	96	2 212,4	1 483,6	23,046	15,454
17	100	2 500,4	1 649,6	25,004	16,496
18	104	2 800,4	1 827,6	26,927	17,573
19	108	3 112,4	2 017,6	28,8185	18,6815
20	112	3 436,4	2 219,6	30,682	19,818
21	116	3 772,4	2 433,6	32,5207	20,9793
22	120	4 120,4	2 659,6	34,3367	22,1633
23	124	4 480,4	2 897,6	36,1323	23,3677
24	128	4 852,4	3 147,6	37,9094	24,5906
25	132	5 236,4	3 409,6	39,6697	25,8303
26	136	5 632,4	3 683,6	41,4147	27,0853
27	140	6 040,4	3 969,6	43,1457	28,3543
28	144	6 460,4	4 267,6	44,864	29,636
29	148	6 892,4	4 577,6	46,5703	30,9297
30	152	7 336,4	4 899,6	48,266	32,234

TABLEAU I

Train-Type pour voies de largeur normale.

ÉLÉMENTS DU TRAIN-TYPE					CONSTANTES DU TRAIN-TYPE					
VÉHICULES	NUMÉROS des CHARGES n	INTENSITÉS des CHARGES P_n	DISTANCES de la CHARGE P'_n à la CHARGE P_1 a_n	ESPACEMENTS des CHARGES $a_n - a_{n-1}$	NUMÉROS des CHARGES n	SOMMES des INTENSITÉS des charges $P_1 \ldots P_n$ $_1A_n$	SOMMES DES MOMENTS DES CHARGES $P_1 \ldots P_n$ par rapport à la CHARGE P_n U_n	SOMMES DES MOMENTS DES CHARGES $P_1 \ldots P_n$ par rapport à la CHARGE P_1 V_n	DISTANCES du CENTRE DE GRAVITÉ à la CHARGE P_n u_n	DISTANCES du CENTRE DE GRAVITÉ à la CHARGE P_1 v_n
		t	m	m		t	t	t	m	m
1re Machine	1	7	0,00		1	7	0,0	0,0	0,000	0,000
				1,20						
	2	7	1,20		2	14	8,4	8,4	0,600	0,600
				1,20						
	3	7	2,40		3	21	25,2	25,2	1,200	1,200
				1,20						
	4	7	3,60		4	28	50,4	50,4	1,800	1,800
				4,60						
1er Tender	5	6	8,20		5	34	179,2	99,6	5,2706	2,9294
				2,50						
	6	6	10,70		6	40	264,2	163,8	6,605	4,095
				4,60						
	7	7	15,30		7	47	448,2	270,9	9,536	5,764
				1,20						
2e Machine	8	7	16,50		8	54	604,6	386,4	9,3445	7,1555
				1,20						
	9	7	17,70		9	61	569,4	540,3	9,3344	8,36560

2e Tender	11	6	23,50	2,50	11	74		939,6	14,253	11,745
	12	6	26,00	3,50	12	80	1 140,4	1 057,6	16,9095	12,5905
1er Wagon	13	4	29,50	3,00	13	84	1 420,4	1 187,6	19,00455	13,49545
	14	4	32,50	3,00	14	88	1 672,4	1 329,6	21,048	14,452
2e Wagon	15	4	35,50	3,00	15	92	1 936,4	1 483,6	23,046	15,454
	16	4	38,50	3,00	16	96	2 212,4	1 649,6	25,004	16,496
3e Wagon	17	4	41,50	3,00	17	100	2 500,4	1 827,6	26,927	17,573
	18	4	44,50	3,00	18	104	2 800,4	2 017,6	28,8185	18,6815
4e Wagon	19	4	47,50	3,00	19	108	3 112,4	2 219,6	30,682	19,818
	20	4	50,50	3,00	20	112	3 436,4	2 433,6	32,5207	20,9793
5e Wagon	21	4	53,50	3,00	21	116	3 772,4	2 659,6	34,3367	22,1633
	22	4	56,50	3,00	22	120	4 120,4	2 897,6	36,1323	23,3677
6e Wagon	23	4	59,50	3,00	23	124	4 480,4	3 147,6	37,9094	24,5906
	24	4	62,50	3,00	24	128	4 852,4	3 409,6	39,6697	25,8303
7e Wagon	25	4	65,50	3,00	25	132	5 236,4	3 683,6	41,4147	27,0853
	26	4	68,50	3,00	26	136	5 632,4	3 969,6	43,1457	28,3543
8e Wagon	27	4	71,50	3,00	27	140	6 040,4	4 267,6	44,864	29,636
	28	4	74,50	3,00	28	144	6 460,4	4 577,6	46,5703	30,9297
9e Wagon	29	4	77,50	3,00	29	148	6 892,4	4 899,6	48,266	32,234
	30	4	80,50		30	152	7 336,4			

TABLEAU II

Train-Type pour voies de largeur normale.

VALEURS DE ${}_tA_n$		VALEURS DE ${}^k_tB_n$				VALEURS DE ${}^k_tC$
	t		*tm*		*tm*		*tm*
${}_1A_2$	= 14	${}^1B_2$	= 8,4	${}^2B_{14}$ = 1 090,4	${}^4B_{13}$ = 805,6	${}^7B_2$ = 341,2	${}^1_1C$ = 0,0
${}_1A_3$	= 21	${}^1B_3$	= 25,2	${}^2B_{15}$ = 1 227,6	${}^4B_{14}$ = 921,2	${}^7B_{13}$ = 220,6	${}^2_1C$ = 8,4
${}_1A_4$	= 28	${}^1B_4$	= 50,4	${}^2B_{16}$ = 1 376,8	${}^4B_{15}$ = 1048,8	${}^7B_{18}$ = 686,4	${}^3_1C$ = 25,2
${}_1A_5$	= 34	${}^1B_5$	= 99,6	${}^2B_{17}$ = 1 538,0	${}^4B_{16}$ = 1 188,4	${}^7B_{19}$ = 813,4	${}^4_1C$ = 50,4
${}_1A_6$	= 40	${}^1B_6$	= 163,8	${}^2B_{18}$ = 1 711,2	${}^4B_{17}$ = 1 340,0	${}^7B_{20}$ = 954,2	${}^5_1C$ = 179,2
${}_1A_7$	= 47	${}^1B_7$	= 270,9	${}^2B_{19}$ = 1 896,4	${}^4B_{18}$ = 1 503,6	${}^7B_{21}$ = 1 107,0	${}^6_1C$ = 264,2
${}_1A_8$	= 54	${}^1B_8$	= 386,4	${}^2B_{20}$ = 2 093,6	${}^4B_{19}$ = 1 679,2	${}^7B_{22}$ = 1 271,8	${}^7_1C$ = 448,2
${}_1A_9$	= 61	${}^1B_9$	= 510,3	${}^2B_{21}$ = 2 302,8	${}^4B_{20}$ = 1 866,8	${}^7B_{23}$ = 1 448,6	${}^8_1C$ = 504,6
${}_1A_{10}$	= 68	${}^1B_{10}$	= 642,6	${}^2B_{22}$ = 2 524,0	${}^4B_{21}$ = 2 066,4	${}^7B_{24}$ = 1 637,4	${}^9_1C$ = 569,4
${}_1A_{11}$	= 74	${}^1B_{11}$	= 783,6	${}^2B_{23}$ = 2 757,2	${}^4B_{22}$ = 2 278,0	${}^7B_{25}$ = 1 838,2	
${}_1A_{12}$	= 80	${}^1B_{12}$	= 939,6	${}^2B_{24}$ = 3 002,4	${}^4B_{23}$ = 2 501,6	${}^7B_{26}$ = 2 051,0	${}^8_5C$ = 93,0
${}_1A_{13}$	= 84	${}^1B_{13}$	= 1 057,6	${}^2B_{25}$ = 3 259,6	${}^4B_{24}$ = 2 737,2	${}^7B_{27}$ = 2 275,8	${}^9_5C$ = 124,2
${}_1A_{14}$	= 88	${}^1B_{14}$	= 1 187,6	${}^2B_{26}$ = 3 528,8	${}^4B_{25}$ = 2 984,8		
${}_1A_{15}$	= 92	${}^1B_{15}$	= 1 329,6	${}^2B_{27}$ = 3 810,0	${}^4B_{26}$ = 3 244,4	${}^8B_1$ = 504,6	${}^8_6C$ = 43,2
${}_1A_{16}$	= 96	${}^1B_{16}$	= 1 483,6	${}^2B_{28}$ = 4 103,2		${}^8B_2$ = 389,1	
${}_1A_{17}$	= 100	${}^1B_{17}$	= 1 649,6	${}^2B_{29}$ = 4 408,4	${}^5B_{16}$ = 875,6	${}^8B_3$ = 283,0	${}^8_7C$ = 8,4
${}_1A_{18}$	= 104	${}^1B_{18}$	= 1 827,6		${}^5B_{17}$ = 1 008,8	${}^8B_4$ = 183,8	${}^8_{11}C$ = 67,2
${}_1A_{19}$	= 108						
${}_1A_{20}$	= 112						
	= 116						

${}_{1}A_{26} = 136$	${}^{1}B_{22} = 2\,659{,}6$	${}^{3}B_{8} = 282{,}0$	${}^{5}B_{21} = 1\,661{,}6$	${}^{8}B_{13} = 176{,}2$	${}^{9}_{12}C = 93{,}0$
${}_{1}A_{27} = 140$	${}^{1}B_{23} = 2\,897{,}6$	${}^{3}B_{9} = 389{,}1$	${}^{5}B_{22} = 1\,854{,}8$	${}^{8}B_{18} = 616{,}2$	
${}_{1}A_{28} = 144$	${}^{1}B_{24} = 3\,147{,}6$	${}^{3}B_{10} = 504{,}6$	${}^{5}B_{23} = 2\,060{,}0$	${}^{8}B_{19} = 740{,}2$	${}^{7}_{13}C = 220{,}6$
${}_{1}A_{29} = 148$	${}^{1}B_{25} = 3\,409{,}9$	${}^{3}B_{11} = 631{,}2$	${}^{5}B_{24} = 2\,277{,}2$	${}^{8}B_{20} = 876{,}2$	${}^{8}_{13}C = 176{,}2$
${}_{1}A_{30} = 152$	${}^{1}B_{26} = 3\,683{,}6$	${}^{3}B_{12} = 772{,}8$	${}^{5}B_{25} = 2\,506{,}4$	${}^{8}B_{21} = 1\,024{,}2$	${}^{9}_{13}C = 140{,}2$
	${}^{1}B_{27} = 3\,969{,}6$	${}^{3}B_{13} = 881{,}2$	${}^{5}B_{26} = 2\,747{,}6$	${}^{8}B_{22} = 1\,184{,}2$	
${}_{2}A_{11} = 67$	${}^{1}B_{28} = 4\,267{,}6$	${}^{3}B_{14} = 1\,001{,}6$	${}^{5}B_{27} = 3\,000{,}8$	${}^{8}B_{23} = 1\,356{,}2$	${}^{8}_{14}C = 240{,}2$
${}_{2}A_{12} = 73$	${}^{1}B_{29} = 4\,577{,}6$	${}^{3}B_{15} = 1\,134{,}0$		${}^{8}B_{24} = 1\,540{,}2$	${}^{9}_{14}C = 199{,}4$
${}_{2}A_{13} = 77$	${}^{1}B_{30} = 4\,899{,}6$	${}^{3}B_{16} = 1\,278{,}4$	${}^{6}B_{17} = 843{,}8$	${}^{8}B_{25} = 1\,736{,}2$	
${}_{3}A_{11} = 60$		${}^{3}B_{17} = 1\,434{,}8$	${}^{6}B_{18} = 979{,}0$		${}^{8}_{15}C = 316{,}2$
${}_{3}A_{12} = 66$	${}^{2}B_{3} = 8{,}4$	${}^{3}B_{18} = 1\,603{,}2$	${}^{6}B_{19} = 1\,126{,}2$	${}^{9}B_{1} = 569{,}4$	${}^{9}_{15}C = 270{,}6$
${}_{3}A_{13} = 70$	${}^{2}B_{4} = 25{,}2$	${}^{3}B_{19} = 1\,783{,}6$	${}^{6}B_{20} = 1\,285{,}4$	${}^{9}B_{2} = 445{,}5$	
${}_{4}A_{13} = 63$	${}^{2}B_{5} = 67{,}2$	${}^{3}B_{20} = 1\,976{,}0$	${}^{6}B_{21} = 1\,456{,}6$	${}^{9}B_{3} = 330{,}0$	${}^{8}_{16}C = 404{,}2$
	${}^{2}B_{6} = 124{,}2$	${}^{3}B_{21} = 2\,180{,}4$	${}^{6}B_{22} = 1\,639{,}8$	${}^{9}B_{5} = 124{,}2$	${}^{9}_{16}C = 353{,}8$
${}_{5}A_{11} = 46$	${}^{2}B_{7} = 222{,}9$	${}^{3}B_{22} = 2\,396{,}8$	${}^{6}B_{23} = 1\,835{,}0$	${}^{9}B_{13} = 140{,}2$	
${}_{5}A_{12} = 52$	${}^{2}B_{8} = 330{,}0$	${}^{3}B_{23} = 2\,625{,}2$	${}^{6}B_{24} = 2\,042{,}2$	${}^{9}B_{20} = 806{,}6$	${}^{8}_{17}C = 504{,}2$
${}_{5}A_{13} = 56$	${}^{2}B_{9} = 445{,}5$	${}^{3}B_{24} = 2\,865{,}6$	${}^{6}B_{25} = 2\,261{,}4$	${}^{9}B_{21} = 949{,}8$	
	${}^{2}B_{10} = 569{,}4$	${}^{3}B_{25} = 3\,118{,}0$	${}^{6}B_{26} = 2\,492{,}6$	${}^{9}B_{22} = 1\,105{,}0$	
${}_{6}A_{11} = 40$	${}^{2}B_{11} = 703{,}2$	${}^{3}B_{26} = 3\,382{,}4$	${}^{6}B_{27} = 2\,735{,}8$	${}^{9}B_{23} = 1\,272{,}2$	
${}_{6}A_{12} = 46$	${}^{2}B_{12} = 852{,}0$	${}^{3}B_{27} = 3\,658{,}8$		${}^{9}B_{24} = 1\,451{,}4$	
${}_{6}A_{13} = 50$	${}^{2}B_{13} = 965{,}2$	${}^{3}B_{28} = 3\,947{,}2$	${}^{7}B_{1} = 448{,}2$		
${}_{7}A_{13} = 44$					

LE
RENDEMENT DES LOCOMOTIVES

PAR

M. A. MALLET

Dans la discussion qui a suivi l'intéressante communication de M. H. de Grièges à la séance du 7 février dernier, il a été fait, à plusieurs reprises, usage du coefficient de rendement des locomotives, constitué par le rapport à l'effort brut exercé par la vapeur sur les pistons de l'effort utilisé au crochet d'attelage du tender ou de la machine, si celle-ci ne comporte pas de tender séparé.

Ce rapport représente, en effet, le rendement de la locomotive comme *appareil remorqueur*, puisqu'il indique la portion de l'effort brut de la vapeur qui est utilisable pour le remorquage d'un train, mais il ne peut être employé comme mesure de comparaison entre des locomotives différentes qu'avec la plus grande réserve et à la condition absolue d'être pris dans des circonstances rigoureusement identiques pour toutes les locomotives comparées, parce qu'il varie, dans des limites très larges pour la même machine, suivant les conditions de son emploi, et pour les divers types de locomotives. L'emploi de ce coefficient de rendement donne lieu à de grosses objections, et, faute d'observer exactement les précautions qui viennent d'être indiquées, on arrive par son usage à des résultats absolument erronés.

Nous allons examiner les circonstances qui influent sur ce rendement.

Disons tout d'abord que le point de départ, l'effort brut exercé par la vapeur sur les pistons de la locomotive, est déjà lui-même discutable. Le déchet qu'il subit pour sa transformation en effort de traction à la jante des roues, est constitué par ce qu'on appelle le rendement organique de la machine à vapeur, et ne touche pas immédiatement la locomotive; il nous semblerait donc plus logique de partir de l'effort à la jante. Au cas où on nous objec-

terait que l'effort brut sur les pistons peut être mesuré exactement par un diagramme d'indicateur, et constitue, par conséquent, une donnée rigoureuse, il serait facile de répondre que le relevé des diagrammes d'indicateur est un fait très exceptionnel sur les locomotives, et que, presque toujours, l'effort sur les pistons procède du calcul et que, dès lors, autant vaut employer l'effort à la jante calculé également; que, d'ailleurs, il sera toujours extrêmement facile de passer de l'un à l'autre par l'application du coefficient de rendement organique de la machine, expression qui, si elle n'est pas toujours connue d'une manière absolument précise, ne varie, du moins, qu'entre des limites assez étroites. Dans ces conditions, il nous paraît préférable de prendre pour point de départ l'effort de traction à la jante des roues, ce qui simplifie notablement l'étude de la question et en écarte ce qui n'est pas absolument spécial à la locomotive.

Nous appellerons donc rendement de la locomotive comme remorqueur, l'expression $\frac{F^c}{F^r}$, rapport entre l'effet exercé au crochet d'attelage et l'effort à la jante des roues.

La différence entre le plus grand et le plus petit de ces termes correspond à la partie de l'effort moteur absorbée par le déplacement de la locomotive considérée comme véhicule (*) et par son tender. On a ainsi $F^c = F^r - Pr$, P étant le poids du moteur et r la résistance par tonne de l'ensemble du moteur. Le coefficient de résistance r étant d'une nature complexe, on peut introduire ici utilement sa division en résistance en palier et résistance due à la gravité sur les rampes, en faisant $r = a + i$,

d'où : $$F^c = F^r - P(a + i).$$

L'introduction de cette valeur de F^c dans le rapport $\frac{F^c}{F^r}$ nous donne l'expression ci-dessous du rendement :

$$\varphi = \frac{F^r - P(a + i)}{F^r}$$

ou $$\varphi = 1 - \frac{P}{F^r}(a + i). \qquad (1)$$

L'examen de cette formule nous apprend différentes choses relativement au rendement dont nous nous occupons :

(*) Y compris la résistance due à l'accouplement des roues, si cette disposition existe sur la locomotive.

1° La limite supérieure de ce rendement est l'unité, mais on voit qu'il ne peut pas l'atteindre, parce qu'il faudrait un poids P nul ou une résistance nulle, conditions évidemment inadmissibles;

2° La limite inférieure est zéro, et cette limite peut être atteinte si $F^r = P(a + i)$, c'est-à-dire si tout l'effort de traction est employé à la traction de la locomotive elle-même ; ce fait correspondrait à deux cas, le premier est celui des locomotives porteuses ou voitures automobiles. La nullité du rendement s'explique alors, si on a eu soin, comme nous l'avons fait au début de cette note, de spécifier qu'il s'agit du rendement de la locomotive *comme remorqueur*. N'étant pas un remorqueur, la machine n'a, dès lors, pas de rendement à ce titre. Le second cas ne se présente pas en pratique, c'est celui où la résistance serait telle que toute la puissance de la machine serait employée à la traction seule de celle-ci. Ce résultat peut être obtenu de deux manières : 1° par une augmentation très considérable de la résistance en palier, par exemple, par une vitesse excessive; 2° par une inclinaison très grande de la voie.

Supposons, par exemple, une locomotive-tender de 36 *t*, à adhérence totale, exerçant un effort à la jante de 1/6 de son poids, soit 6 000 *kg;* si on est en palier, *i* disparaît et on a $Pa = F^r$, pour que le second terme de la formule (1) devienne égal à l'unité; d'où $a = \frac{F^r}{P} = 165$ *kg*, par tonne. Avec la formule $a = 2{,}4 + \frac{V^r}{1\,000}$, cette résistance correspondrait à 400 *km* environ.

On a supposé ici que la puissance était illimitée, elle ne monterait pas, en effet, à moins de 9 000 *ch*. Mais, en pratique, on doit tenir compte de la limite de la puissance; une machine du genre de celle qui nous occupe développerait environ 400 *ch*, soit 30 000 *kgm;* le maximum de vitesse correspondrait à 137 *km* à l'heure ou 38 *m* par seconde, laissant un effort de traction de 790 *kg*, produit du poids 36 *t* par 22 *kg*, résistance par tonne correspondant à la vitesse ci-dessus.

Nous n'insisterons pas sur ce cas qui ne se présenterait jamais en pratique, et que nous n'avons indiqué qu'à titre de curiosité.

Examinons le cas de nullité du rendement par suite d'inclinaison excessive. On aura :

$$a + i = \frac{F^r}{P} \text{ ou } i = \frac{F^r}{P} - a.$$

Pour $a = 5\ kg$, par exemple, on aura : $i = 165 - 5 = 160$, on voit que la valeur absolue de a n'a aucune influence en présence de celle de la gravité. Il est à peine besoin de dire que cette limite ne serait pas atteinte généralement, et que c'est sur des rampes bien plus faibles que la locomotive ne pourrait plus remorquer derrière elle aucune charge.

3° Le rapport $\frac{P}{F^r}$ a une grande influence sur la valeur de φ; or, ce rapport est la mesure de l'adhérence pour le moteur.

De ce qui précède, on peut conclure qu'entre les limites indiquées plus haut, le rendement variera selon qu'il sera influencé :

1° Par la nature de la machine; ainsi une machine à adhérence totale aura, toutes choses égales d'ailleurs, un rendement plus grand qu'une machine à adhérence partielle, une machine-tender qu'une machine à tender séparé, puisque F^r est plus grand proportionnellement à P, de même aussi une machine à crémaillère ou, en général, à adhérence artificielle qu'une machine à adhérence ordinaire pour la même raison;

2° Par la vitesse de translation, puisque φ diminue si a augmente, ainsi le rendement s'abaissera à mesure que la vitesse augmentera;

3° Par le profil de la ligne, qui agira sur a par la présence des courbes plus ou moins nombreuses et plus ou moins raides, et sur i par le nombre et l'importance des déclivités;

4° Enfin par les conditions atmosphériques qui réduiront la charge utile traînée en diminuant l'adhérence et l'effort à la jante F^r et augmentant les résistances en palier a (le vent par exemple).

Pour mieux faire constater les grandes différences que le rendement des locomotives en tant que remorqueurs présente suivant les conditions où les machines sont établies ou fonctionnent, nous allons citer un certain nombre de valeurs de ce rendement.

Un des exemples les plus intéressants est celui que nous emprunterons aux expériences faites en novembre 1894, sur le chemin de fer du Gothard, pour constater la puissance des nouvelles machines compound et la résistance du matériel roulant. On a, dans ces essais, relevé la puissance indiquée sur les pistons et l'effort exercé sur le crochet d'attelage du tender.

Le tableau ci-joint contient les données et ceux des résultats obtenus qui concernent la question dont nous nous occupons.

NUMÉROS DES PROFILS	RAMPES P. 1 000	RAYON DES COURBES	VITESSE	NOMBRE DE TOURS	PUISSANCE EN CHEVAUX effectifs	EFFORT AU CROCHET	EFFORT A LA JANTE	COEFFICIENT de RENDEMENT
1	26	∞	35	117	755	3394	5839	0,581
			35	117	766	3879	5923	0,655
2	26	280	32	107	716	3593	6037	0,595
			33	110	748	3684	6128	0,601
3	23	300	38	127	749	3187	5349	0,595
			37	123	782	3437	5599	0,613
4	22	300	38	127	739	3214	5282	0,608
			38	127	—	3452	—	—
5	22	300	42	140	817	3169	5237	0,605
			40	133	794	3298	5366	0,614
6	23	∞	40	133	791	3187	5349	0,596
			40	133	809	3304	5466	0,605

On voit que pour des rampes variant de 22 à 26 0/00 et des vitesses comprises entre 32 et 42 *km*, les valeurs extrêmes du rendement ont été de 0,581 et 0,655, ce qui correspondrait, pour le rendement rapporté à l'effort indiqué sur les pistons, à 0,522 et 0,542 (1).

Si nous supposons maintenant que la machine et le train soient transportés par la pensée sur des profils successifs d'inclinaison inférieure, les conditions de fonctionnement et la vitesse restant les mêmes, l'effort au crochet d'attelage, augmenté de la diminution de la résistance du moteur, donnera des rendements de plus en plus grands, si on le rapporte à l'effort à la jante qui ne change pas.

Par exemple, sur rampe de 15 0/00, la résistance du moteur, qui était sur 26 de 7,02 + 26 = 33,02 par tonne, descendra à 7,02 + 15 = 22,02, ce qui, pour un poids total de 95 *t*, fait 2 200 *kg* ; si on retranche ce chiffre de l'effort à la jante qui est toujours 5 839 *kg*, on trouve un effort au crochet de 5 839 — 2 200 = 3 639 *kg* et un rendement de 0,623 (2).

(1) Nous nous sommes servis ici des coefficients de rendement organique contenus dans les tableaux d'expériences du Gothard, coefficients qui ont pour limites extrêmes, dans ces expériences, 0,83 et 0,91.

(2) Les résistances en palier employées sont celles qui sont données dans les tableaux d'expériences du Gothard.

En faisant le même calcul pour 8 0/00 d'inclinaison, on trouverait un effort au crochet de $5\,839 - (8 + 7{,}02) \times 95 = 4\,412$ et un rendement de $\frac{4\,412}{5\,839} = 0{,}755$.

Quelques-unes des expériences relatées dans le tableau donneraient même, dans des conditions identiques, des rendements atteignant presque 0,80.

Les machines compound articulées de notre système, de la direction de Cologne (R. G. du Rhin) des chemins de fer de l'État prussien, soutiennent très bien un effort de traction de 8 500 *kg* à la vitesse de 20 *km;* elles nécessiteraient pour leur propre translation sur rampe de 10 0/00 un effort de $7{,}02 + 10 = 17{,}02$, ce qui pour 83 *t* de poids du moteur donne 1 428 *kg*.

Reste pour l'effort au crochet 7 072, d'où un rendement de 83 0/0; sur rampe de 5 0/00, le rendement s'élèverait à $\frac{7\,500}{8\,500} = 0{,}882$.

Une des machines du même type en service sur les chemins de fer de l'État badois a donné lieu à une intéressante expérience. On lui a fait remorquer un train sur la ligne de l'Höllenthal qui contient des parties à rampes maxima de 55 0/00 exploitées par crémaillère; la machine a pu remorquer sur ces inclinaisons 80 *t* derrière le tender à la vitesse de 15 *km* environ.

Évidemment l'utilisation commerciale, dans le cas où le moteur n'arrive pas à remorquer un poids égal au sien, est loin d'être brillante, et l'expérience n'avait pas pour but de prouver la possibilité de faire faire un service courant dans ces conditions, mais simplement de montrer qu'en cas de presse, mobilisation, etc., le matériel ordinaire de traction pouvait utilement être adjoint au matériel spécial de locomotives à crémaillère pour faire franchir ces rampes à des trains tronçonnés d'une manière convenable.

Quoi qu'il en soit, le train ne pouvait exiger pour son transport moins de $80\,t \times (2 + 55) = 4\,560\,kg$; en comptant l'effort de traction de la machine à $83 \times (5 + 55) = 4\,980$, on arriverait à un total de 9 540 *kg*, chiffre bien supérieur à celui de 8 500, et qui indique que la machine travaillait dans ce cas tout à fait à sa limite d'effort. Le rendement serait alors de $\frac{4\,560}{9\,540} = 0{,}477$.

Par contre, la machine à crémaillère de l'Höllenthal, locomotive à la fois à adhérence et à crémaillère, qui traîne 100 *t* et ne pèse que 42,5 *t*, donnerait un rendement bien supérieur. Le train exi-

gerait un effort de $100 \times (2 + 55) = 5\,700$ *kg* et la machine $42{,}5 \times (8 + 55) = 2\,677$ (nous comptons une résistance plus élevée en palier pour la machine à cause de la crémaillère) total 8 377 *kg* en nombre rond. Le rendement monterait dans ce cas à 0,68, malgré l'inclinaison prononcée du tracé.

Il est juste de dire que, si la machine à adhérence traine moins, elle marche plus vite que la machine à crémaillère dans le rapport de 15 à 9; il y a là une certaine compensation qui n'est pas sans intérêt. Nous reviendrons sur ce point.

D'autre part, les premières, machines du Rigi pesant 12,5 *t* en service et remontant en moyenne un poids de 9 *t* de train, sur une rampe de 24 0/0, avec un effort à la jante de 5 600 *kg* en nombre rond, avaient un effort de traction, ou plutôt de poussée, utile de $9 \times (24 + 2) = 2\,340$ *kg*, d'où le rendement assez faible de 0,41 (1). Il est vrai de dire que la locomotive à adhérence aurait été annulée, non seulement comme remorquage, mais même comme fonctionnement, bien avant cette inclinaison de 24 0/0.

Enfin, les locomotives compound articulées du chemin de fer de Landquart-Davos, pesant 40 *t*, remorquent 70 *t* sur les rampes de 45,1 0/00 de cette ligne; le rendement ressort à 0,62; la comparaison avec les machines allemandes font ressortir l'avantage, sous ce rapport, de la machine-tender.

Nous ne prolongerons pas cette énumération. Ces exemples suffisent pour faire comprendre que le rendement d'une locomotive exprimé par le rapport de l'effort nécessité par le remorquage du train à l'effort initial exercé sur la machine varie énormément suivant le système de cette machine et suivant les conditions où elle fonctionne, et qu'il est tout à fait erroné de se servir de cette expression pour comparer deux locomotives, si le système de construction et les circonstances du fonctionnement ne sont pas absolument les mêmes. Dès lors la convenance de ce mode d'apprécier l'efficacité d'une locomotive devient très douteuse.

Cette expression du rendement a, d'ailleurs, l'inconvénient grave de ne donner qu'une mesure imparfaite de l'efficacité d'une locomotive, car la vitesse n'y entre qu'indirectement et pour atténuer l'effet utile par la réduction de l'effort de traction et par l'augmentation de la résistance en palier. Or, la vitesse n'est pas

(1) Au chemin de fer à crémaillère de Langres, la locomotive pesant 15,5 *t* et remorquant 12,5 *t* sur 17 0/0, a un rendement de 0,52.

un élément négligeable dans l'appréciation de la valeur d'un moteur de chemins de fer. Si deux locomotives remontent sur le même profil des charges égales, l'avantage est en faveur de celle qui montera le plus vite, surtout si les deux machines sont du même poids. Le rapport φ, dont il a été uniquement question jusqu'ici, ne donne aucune indication à ce sujet.

Dans des discussions très intéressantes qui eurent lieu l'année dernière à l'*Institution of Civil Engineers*, à la suite de communications sur les chemins de fer de montagnes, le sujet de la mesure de l'efficacité des locomotives a été mis sur le tapis, et on paraît avoir été unanime à admettre que le simple rapport de la charge remorquée au poids du moteur $\frac{P'}{P}$ ne suffit pas à caractériser l'efficacité d'une locomotive, et qu'il est nécessaire d'y introduire la vitesse; on arriverait ainsi à une expression du genre de $\frac{P'}{P}$ V.

Ici se pose une question. L'expression ci-dessus est bien une mesure commerciale de la valeur d'une locomotive remorquant un train dans des conditions données, puisque la charge payante est dans une assez large mesure proportionnelle au poids P′ du train; mais, au point de vue technique, il semble nécessaire de tenir compte du poids du moteur dont il ne peut être fait abstraction pour avoir la mesure de l'utilisation de la machine, et, dans ce cas, on arrive à l'expression $\frac{P + P'}{P}$ V. Or, cette expression n'est guère autre chose que la puissance du moteur par unité de poids. Autant vaudrait donc prendre directement pour mesure de l'effet utile d'une locomotive son poids par cheval.

Ce serait certainement la solution la plus simple si, malheureusement, la question ne venait encore se compliquer. La puissance fournie par une locomotive donnée n'est point une quantité fixe, constante, qu'il suffirait de diviser par le poids du moteur pour avoir le rapport cherché. Bien que le fait ait été très vivement contesté jadis par des auteurs faisant autorité, il semble aujourd'hui définitivement admis que la production de vapeur d'une locomotive, et, par conséquent, la puissance qu'elle peut développer, varie dans des limites assez larges avec la vitesse de fonctionnement. La puissance est donc une quantité variable, et le poids par cheval l'est également.

Dans les discussions dont nous venons de nous occuper, il a été cité des chiffres remarquables à ce sujet, chiffres relevés sur

des locomotives des Nouvelles-Galles du Sud et extraits d'un rapport officiel en date de juin 1894. Il s'agit de machines à voyageurs à 10 roues dont 6 accouplées, pesant 83 *t* en service avec le tender.

A la vitesse de 56 *km* à l'heure, ces machines développent 14 *ch* effectifs par tonne anglaise de poids (machine et tender), ce qui représente 72 *kg* par cheval effectif; à la vitesse de 16 *km*, on n'obtient plus que 7,5 *ch* par tonne, correspondant à 135 *kg* de poids par cheval; la proportion est presque du simple au double.

Dans des expériences faites sur la ligne de la Moselle, la machine compound articulée de la direction de Cologne, dont il a été question plus haut, a développé 500 *ch* effectifs en nombre rond à la vitesse de 15 *km* à l'heure et 710 *ch* à celle de 40 *km*, ce qui correspond, dans le premier cas, à 166 *kg*, dans le second, à 117 *kg* de machine et tender par cheval effectif. L'écart entre ces poids et ceux de la machine précédente s'explique par la nature très différente des machines, locomotives pour service express de voyageurs et locomotives de montagnes.

On voit donc que l'emploi d'une expression basée sur le poids d'un moteur de chemins de fer par unité de puissance ne fournira pas non plus un élément général d'appréciation de l'effet utile de ce moteur et qu'on sera exposé à de grosses erreurs dans des comparaisons de machines, si on n'a pas soin de bien spécifier les vitesses auxquelles correspondent les puissances prises pour point de départ.

Comme il s'agit ici des vitesses du mécanisme qui ne sont autre chose que les nombres de tours dans l'unité de temps, à moins que les machines comparées n'aient des roues de même diamètre, on rencontrera encore de ce chef une nouvelle difficulté.

Il semble, pour conclure, qu'on ne possède pas actuellement de moyens d'établir avec une précision suffisante et d'une manière générale l'effet utile des locomotives en service (1).

Une méthode assez simple, et tenant compte des divers éléments qui se rencontrent dans la question présenterait un très grand intérêt et une utilité incontestable, mais le problème est tellement

(1) Nous disons d'une manière générale. En effet, lorsqu'on a à comparer des locomotives faisant un service absolument identique la question se simplifie. Au célèbre concours du Semmering, par exemple, on s'est servi pour apprécier la valeur relative des locomotives concurrentes d'une expression dite *moment mécanique* par kilogramme de combustible, obtenu en faisant le produit de la charge brute par la vitesse et en divisant ce produit par le combustible consommé. Ce mode de comparaison, sans être tout à fait rigoureux, était bien suffisant pour le but qu'on se proposait.

complexe qu'on ne peut guère espérer en trouver une solution pratique bien satisfaisante. Il mérite cependant toute l'attention des personnes compétentes, notamment des Ingénieurs de traction des chemins de fer.

Quoi qu'il en soit, on fera bien de n'employer qu'avec la plus extrême circonspection les méthodes actuelles, si l'on veut éviter des erreurs sérieuses dans l'appréciation comparative de l'effet utile des locomotives, et cela a une grande importance au moment où de nouveaux moteurs s'apprêtent à venir faire concurrence à la locomotive traditionnelle en invoquant sur elle une supériorité qu'il sera prudent de n'admettre qu'à bon escient et après un contrôle des plus sérieux.

ANALYSE DE L'OUVRAGE DE M. A. MONMERQUÉ

SUR LE

CONTROLE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

AU POINT DE VUE DE LA SÉCURITÉ

PAR

M. A. BRÜLL

La Société a reçu un ouvrage intitulé : *Contrôle des installations électriques au point de vue de la sécurité.*

Ce livre a pour auteur M. A. Monmerqué, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ancien Ingénieur des travaux de Paris et du secteur municipal d'électricité (usine des Halles) ; il est édité avec tous les soins désirables par MM. Baudry et Cie. L'auteur et les éditeurs ont fait hommage de ce volume à la Société.

M. Monmerqué s'est proposé d'indiquer, d'une part, aux électriciens intéressés, les actes administratifs qui réglementent les distributions d'énergie électrique sur les voies publiques et, d'autre part, aux agents de l'Administration, les méthodes à employer pour exercer leur contrôle, en apportant la moindre gêne possible à l'industrie, sans manquer aux devoirs que leur impose le soin de la sécurité publique.

Notre Collègue, M. Hippolyte Fontaine, l'un des représentants les plus autorisés des industries électriques de France, constate, dans une courte préface, que ces industries n'ont pas encore pris chez nous un développement aussi important que dans les pays voisins. Il cite, parmi les mesures prises pour faire cesser cet état d'infériorité, l'institution, par une loi récente (25 juin 1895), d'un comité permanent d'électricité près le Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, et la fondation, par la chambre syndicale des industries électriques, d'un bureau de contrôle qui assure périodiquement, pour le compte de ses adhérents, le contrôle de leurs installations.

M. Fontaine considère ces mesures comme propres à favoriser l'essor un peu languissant de la nouvelle industrie, et il ajoute :

» J'en dirai autant de l'excellent livre que M. Monmerqué vient d'écrire et que je viens de lire avec beaucoup d'intérêt et une très vive satisfaction.

» L'aspect général de ce livre peut se résumer en peu de mots : l'auteur encourage les industriels à faire eux-mêmes le contrôle de leurs canalisations, et demande à l'État de limiter autant que possible son intervention dans les installations électriques. »

L'auteur a consacré d'abord deux chapitres préparatoires aux généralités et définitions, et à la production de l'énergie électrique. Cette partie du livre, à la fois concise et complète, sans exposés théoriques et sans discussions, n'a pas la prétention d'apporter d'éléments nouveaux aux connaissances acquises en matière d'électricité ; elle a simplement pour objet de fournir ou de rappeler ces connaissances à ceux qui ont à contrôler des installations.

On y trouve de claires définitions des termes usités dans le langage de l'électricité. Par exemple : la conductance est l'inverse de la résistance et s'exprime en mhos ; la résistivité et la conductibilité sont la résistance et la conductance spécifiques d'une matière donnée ; l'inductance est le coefficient de l'induction d'un conducteur sur un conducteur voisin ; l'impédance est la résistance apparente d'un circuit parcouru par un courant alternatif ; l'auteur propose le mot nouveau de capabilité pour désigner la capacité inductive spécifique ou pouvoir inducteur spécifique d'un diélectrique.

Parmi les nombreuses données numériques, une des plus intéressantes est l'équivalent de la puissance électrique en puissance mécanique : un kilowatt de 1 000 volt-ampères équivaut à 1,36 *ch* ou, si l'on veut, à 1,04 Poncelet.

On se souvient de la célèbre expérience d'Arago, consistant à produire, par la rotation d'un disque horizontal de cuivre, celle d'un aimant placé au-dessus du disque sans le toucher, et mobile autour de l'axe vertical du disque. Les champs magnétiques tournants permettent d'inverser cette expérience et de faire tourner une masse métallique quelconque placée dans le champ. On peut ainsi, à l'aide des courants polyphasés réaliser un moteur électrique sans collecteur et sans balai.

Les dynamos à courant alternatif sont très variées. Un type curieux est la dynamo à inducteur et à induit fixes de M. Thury, dans laquelle la seule pièce en mouvement est une couronne en acier coulé, de faible poids, qui ne comporte aucun contact mo-

bile. Cette dynamo aurait un rendement commercial de 93 0/0 pour les grandes puissances.

Les chapitres III, IV et V se rapportent à la distribution de l'énergie électrique, aux mesures électriques et aux effets dangereux des courants.

On sait que les courants continus de basse tension sont les plus faciles à produire, mais qu'ils sont bien plus coûteux à transmettre à grande distance que les courants alternatifs ou polyphasés à hautes tensions. Il y aurait donc un puissant intérêt à pouvoir transformer l'un en l'autre ces deux genres de courants. On l'a fait quelquefois, à l'aide de deux dynamos calées sur un arbre commun, mais le rendement n'est pas satisfaisant. M. Monmerqué signale un transformateur dû à MM. Hutin et Maurice Leblanc, qui permet de transformer un courant continu en courant triphasé, et réciproquement.

Les conduites souterraines qui reçoivent les canalisations électriques sont rarement étanches, surtout pour le gaz d'éclairage. Pour éviter tout danger pour la circulation, on a dû ventiler ces conduites par les regards disposés de place en place, le long du circuit. L'auteur donne l'indication sommaire d'un ventilateur portatif qu'il a combiné. Cet appareil, manœuvré par deux hommes ou à l'aide d'un petit moteur électrique, pèse 80 *kg* ; il permet de ventiler 600 *m* de conduite en un quart d'heure.

Les conducteurs des lignes de tramways électriques peuvent être aériens ou souterrains ; les rails sont quelquefois employés pour le retour du courant. Le système Claret-Vulleumier constitue une solution nouvelle des plus ingénieuses. Il comporte l'emploi exclusif de câbles souterrains et armés et la pose, tous les deux ou trois mètres, de pavés en acier d'une vingtaine de centimètres de côté.

Le trolley déraille quelquefois dans les courbes ; la maison Siemens le remplace par un cadre rectangulaire transversal au conducteur aérien, porté par un bras oblique articulé sur la voiture et soulevé par un ressort. La corde en métal doux de cette sorte d'archet a 1,50 *m* de longueur, et le contact est ainsi assuré même dans les courbes les plus prononcées.

Les appareils servant à mesurer la différence de potentiels, la résistance, l'énergie et la puissance, sont très perfectionnés, les uns au point de vue de la précision et de la sensibilité, d'autres au point de vue de la commodité et de la rapidité d'emploi. Sans les décrire en détail, l'ouvrage en indique quelques-uns pour

chaque genre de mesure et expose les précautions à prendre pour étalonner ces instruments et pour en recueillir et en noter les observations.

Les effets nuisibles des courants électriques sont de trois sortes :

Échauffement dangereux des conducteurs quand la densité du courant devient excessive.

Effets physiologiques sur le corps humain pouvant amener la mort dans le cas d'une grande différence de potentiel.

Effets d'électrolyse des courants continus sur les ouvrages en métal placés sous la voie publique, tels que les canalisations de gaz d'éclairage.

L'échauffement peut provenir du diamètre insuffisant des conducteurs. Des règles précises sont données pour calculer dans chaque cas ce diamètre en vue de la sécurité. Les courts-circuits sont dangereux lorsqu'il subsiste dans l'appareil une force électromotrice élevée, ou lorsque la différence de potentiel due à une source extérieure est trop considérable. Un court-circuit un peu violent donne lieu instantanément à une détonation, à une vive lumière et à un abondant dégagement de métal volatilisé : les parties voisines sont noircies et s'enflamment lorsqu'elles sont combustibles; l'accident peut amener des brûlures graves. C'est à l'aide de fils de sûreté qu'on pare aux conséquences dangereuses des courts-circuits.

Les accidents, dus aux grandes différences de potentiel, auraient causé déjà la mort de deux cents personnes aux États-Unis. Ils ont été aussi assez fréquents en Europe. Les effets disruptifs de la décharge du courant produisent la mort par action directe. L'électricité peut aussi léser l'organisme par action indirecte ou réflexe en agissant sur les centres nerveux; il y a alors asphyxie ou syncope, et la victime peut quelquefois être ranimée en pratiquant la respiration artificielle et notamment la traction rythmée de la langue. L'ouvrage contient des instructions détaillées sur les secours à administrer en pareil cas.

Pour éviter que les ouvriers puissent toucher à la fois deux conducteurs à des potentiels différents, il est recommandé, pour certains travaux, de garder une main dans la poche. Si cela est impossible, on emploie les gants en caoutchouc.

Le contact avec un seul conducteur n'est pas toujours dangereux. Les effets varient suivant que le conducteur est parfaitement ou incomplètement isolé, suivant que le courant est continu ou alternatif, et aussi selon que la personne exposée est isolée

électriquement, par exemple, placée sur un tapis en caoutchouc ou, au contraire, en bon contact électrique avec la terre.

Les effets d'électrolyse sont variés, intenses et curieux : les câbles recouverts d'un isolant se détériorent, il se produit dans les caniveaux des gaz détonants, les tuyaux de gaz ou d'eau et autres canalisations métalliques sont criblés de trous et recouverts d'excroissances. De 1890 à 1893 on a relevé à Paris 809 branchements de gaz et 330 *m* de grosses conduites ainsi détériorés.

C'est en améliorant l'isolement des installations, et en vérifiant périodiquement cet isolement, que l'on a pu diminuer ces graves inconvénients et qu'on parviendra à les supprimer en dehors, du moins, de quelques accidents exceptionnels.

L'auteur traite ensuite dans les chapitres VI, VII, VIII et IX du contrôle de l'usine, du réseau et des installations intérieures ou spéciales. Il indique les divers éléments à contrôler, les instruments à employer, les méthodes à suivre, les constatations à faire et les tolérances à admettre; il fournit des exemples d'application pratique.

A Paris, les cahiers des charges des secteurs d'éclairage interdisent, en général, aux concessionnaires de s'imposer aux particuliers pour établir leurs installations. Mais ces Compagnies ayant rencontré souvent des installations défectueuses qui donnaient lieu à des pertes et à des accidents, ont été amenées à imposer des règles et des vérifications. Ces divers règlements sont rapportés au chapitre XIV. Le Préfet de la Seine, sur la proposition du service des Ingénieurs, et après accord avec les diverses Compagnies des secteurs, a pris sur ce sujet, le 26 juillet 1895, un arrêté dont le texte est aussi donné dans l'ouvrage ; ce règlement municipal est appelé à remplacer les autres règlements, et cette unification paraît devoir être bien accueillie par tous les intéressés.

Parmi les installations spéciales, les postes d'accumulateurs demandent des précautions spéciales. En dehors des prescriptions générales d'isolement, on doit se préoccuper de la ventilation de la salle, car il peut, dans certains cas, se dégager de l'hydrogène. On doit donc éviter, dans la disposition des plafonds, les cavités propices à l'accumulation des gaz légers, placer dans les points élevés des ouvertures d'aération, n'employer pour l'éclairage que des lampes à incandescence à double enveloppe, éviter les appareils pouvant produire des étincelles, assurer par une ventilation appropriée le renouvellement de l'air quatre à cinq fois par heure.

Pour les installation des traction électrique, l'auteur, s'appuyant sur l'expérience des Ingénieurs américains et sur un règlement anglais, conseille :

L'éclissage électrique des rails et l'emploi d'un conducteur en cuivre nu noyé dans le sol et en bonne connexion avec tous les rails avec feeders spéciaux.

Le chapitre X est consacré à l'examen des règlements officiels français dont les textes sont rapportés aux chapitres XIII et XIV.

Pour les canalisations sur les voies publiques, il existe deux règlements : l'un, qui s'applique spécialement à Paris, est un arrêté préfectoral en date du 30 juillet 1891, qui a pour principal objet de supprimer les avaries des conduites de gaz; l'autre est un arrêté préfectoral pris dans tous les départements de France et portant la date du 15 septembre 1893.

Les installations intérieures, chez les abonnés, sont soumises, comme on l'a vu, au règlement municipal de 1895. L'auteur le commente, le rapproche des règlements des secteurs et de ceux en vigueur dans divers pays.

Les chapitres XI et XII donnent les résultats constatés dans diverses exploitations pour l'isolement des appareils industriels des transformateurs, de réseaux à deux, à trois, à cinq fils, et fournissent de nombreux tableaux de constantes numériques expérimentales.

Ces deux chapitres sont pleins de documents recueillis dans la pratique journalière de l'industrie électrique; ils forment pour les intéressés une collection de renseignements précieux, qu'ils ne pourraient trouver que difficilement et par de laborieuses enquêtes.

Enfin, on trouve dans les deux derniers chapitres le texte de tous les règlements français, tant publics que privés, et aussi les dispositions des lois et règlements régissant la matière dans plusieurs pays étrangers.

Entre autres, la circulaire aux Préfets des Ministres de l'Intérieur et des Travaux publics, en date du 15 août 1893, traitant des canalisations sur les voies publiques, est fort importante pour les électriciens.

On se souvient qu'il y a quelques années il se produisit un assez grand nombre de demandes de permission de grande voirie relatives aux conduites d'eau, de gaz et d'électricité. En particulier, on demandait l'autorisation d'établir des conduites de gaz sur les portions de routes nationales et départementales, traversant des villes et leurs faubourgs. La permission, une fois obtenue, trou-

blait singulièrement la situation des Compagnies de gaz qui, exploitaient en vertu de contrats passés avec les municipalités. L'administration paraissait ainsi contrecarrer l'action de celles-ci et se prêter à ce que des tiers, qui n'assumaient aucune des charges imposées aux concessionnaires des distributions municipales d'eau ou de gaz, puissent compromettre l'économie des conventions passées entre ceux-ci et les villes.

Pour éviter ces inconvénients en ce qui concerne les distributions électriques, le Ministre des Travaux publics avait décidé en 1889 de n'accorder les autorisations de grande voirie qu'aux municipalités elles-mêmes ou à leurs concessionnaires. Mais, avec cette jurisprudence, les Compagnies d'électricité se heurtaient à la résistance des municipalités qui, bien souvent, s'étaient engagées vis-à-vis des concessionnaires du gaz à ne pas autoriser ou même favoriser la pose de distributions électriques pouvant faire concurrence à l'éclairage par le gaz. Les protestations des électriciens furent nombreuses et pressantes.

On voit combien la situation était embarrassante. Les Ministres de l'Intérieur et des Travaux publics instituèrent une commission spéciale qui, après avoir entendu les représentants des divers intérêts, conseilla la solution suivante :

Toute entreprise de distribution collective d'eau ou de lumière sur les voies publiques devait faire l'objet d'une concession municipale, approuvée par l'autorité supérieure compétente. Le cahier des charges de la concession soumet l'entrepreneur aux règlements de voirie et autres faits, ou à faire par l'autorité compétente et subordonne l'établissement des ouvrages de la distribution sur les voies nationales ou départementales et sur les chemins de grande communication ou d'intérêt commun à des permissions de voirie qui seront dès actuellement délivrées s'il y a lieu par le préfet sur la demande du maire.

Les deux ministres, après avoir consulté le Conseil d'État, ont approuvé les conclusions du rapport de la Commission.

Le livre de M. Monmerqué comprend, outre une liste des ouvrages à consulter, une table analytique et un index alphabétique des matières. L'auteur, en renvoyant aux sources, a pu éviter de longs développements et condenser en peu de pages une masse de renseignements utiles.

Son travail rendra d'inappréciables services; il contribuera à répandre les multiples bienfaits de l'électricité tout en évitant l'effet de ses dangereux écarts.

CHRONIQUE

N° 194.

SOMMAIRE. — Les Sociétés d'Ingénieurs aux États-Unis. — Nouveau procédé de fabrication du gaz. — Le canal de Manchester. — Daniel Kinnear Clark. — Le sondage le plus profond. — Les accidents du *Saint-Paul*.

Les Sociétés d'Ingénieurs aux États-Unis. — Nous avons eu plusieurs fois l'occasion de parler des grandes Sociétés anglaises d'ingénieurs; il nous paraît utile de donner quelques renseignements sur les institutions similaires des États-Unis.

Il y a dans ce pays un très grand nombre de Sociétés d'ingénieurs, peut-être une cinquantaine, mais la plupart sont des institutions locales, et trois seulement ont un caractère de généralité qui les rapproche des Sociétés anglaises dont nous avons parlé et de la nôtre, ce sont: 1° l'American Society of Civil Engineers; 2° l'American Society of Mechanical Engineers, et 3° l'American Institute of Mining Engineers.

Il est juste toutefois d'ajouter à cette liste l'American Institute of Electrical Engineers, qui complète avec les précédentes les quatre *Sociétés nationales*.

I. *American Society of Civil Engineers*. — Cette Société, dont le titre indique qu'elle réunit plus particulièrement les ingénieurs qui s'occupent de travaux publics et de constructions, est actuellement dans sa 42me année d'existence. Elle compte des membres honoraires, des membres proprement dits, des membres associés, des associés et des juniors; ces derniers sont admis à partir de 18 ans, et doivent avant l'âge de 30 ans opter pour une des autres classes. Toutes ces catégories sont d'ailleurs elles-mêmes divisées en deux groupes, les résidents qui ont leur domicile dans un rayon de 80 *km* autour du general post-office de New-York, et les non-résidents qui habitent au delà. Les premiers paient un supplément de cotisation.

Le tableau ci-dessous indique les droits d'entrée et cotisations annuelles pour les diverses catégories de membres. Les membres honoraires ne payent rien.

	Droit d'entrée.	Cotisation annuelle.	upplément pour résidents.
	—	—	—
Membres	150 *f*	75 *f*	50 *f*
Membres associés . . .	125	75	50
Associés	100	50	25
Juniors	50	50	25

La Société comptait au 1er janvier 1896, 1 920 membres de toute catégorie contre 1 808 au 1er janvier 1895; c'est donc un accroissement net de 112 membres pour 197 admissions pendant l'exercice, la différence représentant les décès, démissions et radiations.

Les recettes de l'année 1895 se sont élevées à 198 350 *f* (1) dont 110 000 pour les cotisations échues, 25 000 pour cotisations payées d'avance (!), 11 000 pour vente de publications, 10 000 pour annonces, etc.

Les dépenses ont été de 155 000 *f*, laissant un boni de 33 000 *f*. Les gros chiffres de dépenses sont : les publications 60 000 *f*, le personnel 50 000, les dépenses relatives aux services et la bibliothèque 15 000 *f*.

Les publications comportent un fascicule mensuel; la bibliothèque contient 19 663 numéros; la fréquentation a été de 506 personnes du 1er septembre 1895, date à laquelle on a commencé à tenir un registre d'inscription jusqu'au 31 décembre.

Cette Société se trouve actuellement dans la même situation que la nôtre. Ses locaux se trouvent tout à fait insuffisants, elle a acquis, dans West-Fifty-Seventh Street, un terrain de 15,25 *m* de façade et 33,55 *m* de profondeur, soit une superficie de 512 m^2, au prix de 400 000 *f*, ce qui représente environ 800 *f* le mètre carré. Sur ce prix la Société a versé 100 000 *f* comptant et doit payer le reste en deux ans.

Le projet dû à M. Joseph M. Wilson, membre de la Société et un de ses vice-présidents (il avait été décidé que l'architecte devait obligatoirement être choisi parmi les membres), comporte au rez-de-chaussée, une salle de réception et un amphithéâtre de 400 places assises. Au premier étage sont les locaux destinés aux divers services, et au deuxième la bibliothèque composée d'une salle de lecture de 144 m^2 de superficie et derrière, la bibliothèque proprement dite pouvant contenir 150 000 volumes.

Les fondations et les murs seront établis pour qu'on puisse plus tard, en présence de nouveaux besoins, établir des étages additionnels. On sait que les Américains ne craignent pas de s'étendre en hauteur. Le prix de la construction est évalué à 450 000 *f*, soit 850 800 *f* avec le terrain.

Quant aux voies et moyens, la Société a décidé d'ouvrir une souscription par dons volontaires.

Ouverte le 18 octobre, cette souscription avait, à la fin de l'année, donné 80 000 *f* par 271 souscripteurs.

On considère que, si l'on obtient 150 000 *f*, le succès sera assuré, le surplus devant être fourni par les ressources régulières de la Société.

L'American Society of Civil Engineers a cette année pour président M. Thomas Curtis Clarke, ingénieur qui s'est fait aux États-Unis une réputation dans la construction des ponts et grands ouvrages d'art. M. T. C. Clarke a déjà été président de la même Société il y a une quinzaine d'années, et nous avons reproduit dans la chronique de janvier 1880 le remarquable discours d'installation prononcé par lui dans cette circonstance, discours qui traitait de la profession d'ingénieur.

II. *American Society of Mechanical Engineers.* — Cette Société, qui se compose plus particulièrement d'ingénieurs s'occupant de la mécanique et de ses applications, ne date que de 1880. Elle compte quatre catégories de membres : honoraires, membres proprement dits, associés et juniors. Les membres honoraires ne peuvent pas être plus de 25.

(1) Pour plus de simplicité, on a compté le dollar à raison de 5 *f* en nombre rond.

Voici le montant des droits d'entrée et cotisations annuelles.

	Droit d'entrée.	Cotisation.
Membres.	125 *f*	75 *f*
Associés	125	75
Juniors	75	50

Il n'y a pas de distinction de membres résidents ou non-résidents.

A la fin de 1894, le nombre total des membres était de 1 743, dont 1 365 membres proprement dits; les juniors entrent pour 275.

Les recettes pour l'exercice 1894 ont été de 160 000 *f*, dont 137 500 pour les cotisations et 11 500 pour les droits d'admission; les ventes de publications figurent pour 6 000 *f*; le reste est constitué par les intérêts des fonds appartenant à la Société.

Les dépenses se sont élevées, pendant le même exercice, à 137 500 *f*, dont les gros éléments sont : publications, 85 000 *f*; personnel, 35 000 *f*; loyer, 15 000 *f*.

La Société dont nous nous occupons ne tient pas, comme on sait, de séances régulières, mais seulement quelques réunions annuelles qui ont lieu (sauf une toujours à New-York) dans des localités différentes; elle publie annuellement un très gros volume donnant le compte rendu de ces réunions et les mémoires qui y sont présentés.

L'organisation intérieure est assez singulière. L'immeuble et la bibliothèque appartiennent à une Société distincte qui les loue à la Société. La bibliothèque est fréquentée par 3 000 à 4 000 personnes par an; elle est ouverte les soirs et les jours de fêtes, ce qui est très apprécié par les membres occupés dans la journée et la semaine. Une autre particularité originale est que la partie supérieure de l'immeuble contient des chambres qui sont mises, comme dans certains clubs, à la disposition des membres qui n'habitent pas la ville. Cette disposition a eu un succès complet; les chambres sont toujours retenues d'avance. Le produit de leur location s'est élevé, en 1894, à 8 000 *f*.

Le siège de l'American Society of Mechanical Engineers est n° 12, West 31e Street, New-York.

Le président actuel est M. John Fritz, métallurgiste bien connu, qui a été longtemps directeur des usines de Bethlehem, où il a fait des installations remarquables pour la fabrication de l'acier.

III. *American Institute of Mining Engineers.* — Cette dernière Société est spécialement composée d'Ingénieurs s'occupant de mines et de métallurgie. Elle a un caractère plus spécial comme organisation que les précédentes; c'est plutôt une association de personnes se réunissant pour ainsi dire accidentellement et, néanmoins, c'est elle qui compte le plus de membres des trois Sociétés dont nous nous occupons.

Etablie seulement en 1871, elle comptait à la fin de 1893, un total de 2 431 membres, donnant une augmentation de 55 sur l'exercice précédent, les 189 admissions de l'année ayant été fortement réduites par le fait d'un déchet de 134 membres par décès, démissions, radiations, etc.

Il y a trois catégories de membres : honoraires, membres proprement

dits et associés ; la seconde constitue à peu près la totalité de l'effectif, 2 204 membres.

Les droits d'admission sont de 50 *f* et les cotisations de 50 *f* aussi pour les deux classes de membres.

Il y a trois séances obligatoires par an et d'autres facultatives, au gré du Conseil qui décide également du lieu des séances.

Les recettes, pour l'exercice 1893, se sont élevées à 131 500 *f*, dont 100 000 *f* provenant des cotisations ; 3 700 *f* de ventes de publications ; 4 500 *f* de droits d'admission ; le reste formé par des ressources diverses, intérêts de fonds placés, etc. Les dépenses, pour le même exercice, ont été de 123 000 *f*, dans lesquels les impressions figurent pour 60 000 *f* ; le personnel pour 45 000 *f* ; les loyers, etc., pour 5 000 *f*, etc.

Les publications se composent d'un fort volume paraissant tous les ans, et contenant les mémoires et les discussions auxquelles ils ont donné lieu ; ces mémoires sont, de plus, envoyés aux membres par fascicules séparés avant les réunions.

Le président actuel de l'American Institute of Mining Engineers est M. Joseph D. Weeks, qui a été éditeur de journaux métallurgiques, notamment de l'*Iron Age*, commissaire des États-Unis à l'Exposition universelle de Paris en 1878, chargé de missions en Europe, etc.

IV. *American Institute of Electrical Engineers.* — Cette Société, constituée pour l'étude des questions se rattachant à l'électricité, a été fondée en 1885. Elle comporte des membres honoraires, des membres ordinaires et des membres associés. La totalité de l'effectif s'élevait, au 1er janvier de cette année, à un millier de membres dont les associés forment la plus grande partie, 693.

Nous n'avons pu trouver aucun renseignement sur le montant des cotisations et des droits d'admission.

Les recettes, pour l'exercice qui a fini au 30 avril 1895, se sont élevées à 55 000 *f*, dont 35 000 *f* pour les cotisations, 5 000 *f* pour les droits d'admission, le reste étant fourni par les ventes de publications, intérêts et ressources diverses. Les dépenses ont été sensiblement du même chiffre ; les publications y entrent pour 20 000 *f* ; le personnel pour 12 000 *f* ; le loyer pour 6 000 *f*, etc.

La Société tient dix séances régulières par an, plus un nombre variable de séances facultatives. Les publications se composent de douze fascicules paraissant mensuellement.

Le président actuel de l'American Institute of Electrical Engineers est M. Louis Duncan, qui a été professeur à diverses universités et est en ce moment à celle de Johns Hopkins ; c'est aussi un ingénieur distingué ; il a collaboré à la construction des puissantes locomotives électriques qu'on vient d'établir pour le service du tunnel de ceinture de la ligne du Baltimore-Ohio.

Comme nous l'avons dit au début de cet article, il y a un très grand nombre de sociétés locales d'ingénieurs aux États-Unis, mais elles comptent relativement peu de membres ; ainsi, une des plus importantes, l'Engineers Club de Philadelphie n'a que 450 membres. Un certain nombre de ces Sociétés sont spéciales pour les chemins de fer. Malgré

son importance et sa valeur, nous avons dû laisser de côté le célèbre Institut de Franklin qui se rapproche beaucoup plus de notre Société d'Encouragement que des Sociétés d'ingénieurs proprement dites.

Nouveau procédé de fabrication du gaz. — Le *Bulletin de la Société industrielle de Rouen* contient une note très intéressante de M. Lœvenbruck sur un nouveau procédé de fabrication du gaz propre à la production de force motrice, à l'éclairage et aux chauffages industriel et domestique.

Ce système, dû à M. Riché, répétiteur de chimie à l'École Centrale et minotier à Lisors, près Lyons-la-Forêt, consiste à distiller des matières — solides ou liquides — combustibles et à forcer les gaz et vapeurs provenant de cette distillation à traverser une couche de charbon incandescent.

Le gazogène consiste en une ou plusieurs cornues verticales, fermées à leur partie supérieure par un couvercle formant joint hydraulique et ouvertes à leur partie inférieure qui plonge dans un réservoir à eau. Une tubulure latérale fait communiquer cette partie inférieure de la cornue avec le barillet qui précède le gazomètre.

La cornue étant remplie aux trois quarts de charbon de bois incandescent — résidu de l'opération précédente — et portée au rouge-cerise soit à l'aide d'un foyer latéral, soit par des brûleurs alimentés par le gaz produit, soit encore à l'aide de chaleurs perdues, on ouvre le couvercle supérieur, on remplit de bois la partie supérieure au-dessus du charbon incandescent et on ferme.

La distillation commence immédiatement, et ses produits (vapeur d'eau, acide pyroligneux, acide méthylique, acide carbonique, etc.) ne pouvant s'échapper par le haut, sont obligés de traverser la colonne incandescente de charbon, et, par suite, se transforment en oxyde de carbone, hydrogène, méthane, qui gagnent le barillet où ils se refroidissent et ensuite le gazomètre, et en carbone (avec un excès plus ou moins important suivant le degré d'hydratation du bois) qui prend la place du charbon contenu dans la cornue au début de l'opération, et que la vapeur d'eau et l'acide carbonique ont consommé pour leur réduction.

Pour éviter la formation d'un excès de charbon, il suffit de laisser tomber de l'eau goutte à goutte par le haut de la cornue. La vapeur d'eau produite transforme le charbon en excès en oxyde de carbone et en hydrogène qui viennent s'ajouter aux gaz déjà formés.

Du bois mis au début, il ne reste dans la cornue, à la fin de l'opération, que du charbon nouveau et, si le bois chargé est assez humide pour que la gazéification soit complète, l'appareil pourra fonctionner indéfiniment sans que l'on ait à y introduire autre chose que les charges successives de bois. Si la gazéification est incomplète, l'excès de charbon de bois tombera dans le fond du réservoir à eau destiné à la fois à servir de soupape de sûreté et à recueillir le charbon en excès et les cendres qui se sont formées en petite quantité.

Si, au lieu de bois, on emploie la houille, les mêmes phénomènes de de distillation, de décomposition et de formation de coke nouveau se représenteront et, en plus, il y a décomposition des goudrons et des car-

bures lourds en présence du coke incandescent. Les gaz qu'on recueille au gazomètre sont plus ou moins riches en oxyde de carbone et en hydrogène, suivant la composition de la houille, et, comme pour le bois, la gazéification peut être complète ou incomplète.

Il en est de même pour tous les combustibles minéraux et végétaux (tourbes, lignites, pétroles, résines, etc.) et pour les graisses, les huiles, etc., et même les gadoues.

Il est à remarquer que, dans tous les cas, la combustion se fait à une température relativement basse et que, par suite, on n'a à craindre ni la fusion des cendres, ni la formation de mâchefer, d'où pas d'encrassement à craindre.

Ce procédé ne nécessite ni extracteurs, ni injecteurs, ni ventilateurs, ni épurateurs, toujours coûteux à entretenir. Le fonctionnement est des plus simples et ne nécessite de la part de la personne qui en est chargée, ni connaissances spéciales, ni surveillance ou manœuvre autre que celle de charger la ou les cornues à des intervalles de temps déterminés par les besoins; cette personne a donc tout le temps de vaquer à ses occupations ordinaires.

On a vu plus haut que la cornue devait être portée au rouge, soit à l'aide d'un foyer latéral, soit à l'aide de brûleurs utilisant une partie des gaz produits, soit enfin à l'aide de chaleurs perdues, c'est, évidemment, ce dernier moyen qui est le plus économique, mais il ne peut être employé qu'assez exceptionnellement. Si on ne considère que les deux premiers moyens, on trouve que la quantité de charbon nécessaire pour porter au rouge la cornue, est à peu près égale à celle qui est dégagée par la combustion de la moitié des gaz produits, ce qui revient à dire que pour obtenir 100 m^3 de gaz utilisables, il faut en produire réellement 200.

Ceci admis, il est facile de déterminer par le calcul, pour un combustible donné, la composition du gaz produit, son rendement et son pouvoir calorifique.

Le calcul conduit aux résultats suivants que l'expérience confirme :

1° Pour 100 *kg* de bois ordinaire valant 1,20 *f*.

Production. — Cas de la gazéification incomplète :

Gaz . . . . . 50 m^3 utilisables.
Charbon de bois. 20 *kg* — valant 1,50 *f*.

— Cas de la gazéification complète :

Gaz . . . . . 100 m^3 utilisables.

2° Pour 100 *kg* de houille (fines) valant 1,50 *f*.

Production. — Cas de la gazéification incomplète :

Gaz. . . . . 80 m^3 utilisables.
Coke . . . . . 70 *kg* — valant 1,75 *f*.

— Cas de la gazéification complète :

Gaz. . . . . 180 m^3 utilisables.

3° Pour 100 *kg* de tourbe comprimée valant 2 *f*.

Production. — Cas de la gazéification incomplète :

Gaz. . . . . 100 m^3 utilisables.
Charbon . . . 30 *kg* — valant 2,50 *f*.

Comme prix de revient, si on ne tient pas compte de la main-d'œuvre qui est pour ainsi dire nulle dans les petites et moyennes installations et peu sensible dans les grandes, on trouve que, dans les cas de gazéification incomplète, le prix de vente des résidus coke ou charbon, couvre le prix d'achat du combustible et que, dans les cas de gazéification complète, le prix de revient varie de 0,008 *f* à 0,012 *f* le mètre cube utilisable.

Si on calcule le prix de revient des 1 000 calories en partant du chiffre de 2 900 calories, pouvoir calorifique moyen de ce gaz, on trouve que ces 1 000 calories reviennent en moyenne à moins de 0,004 *f*, ce qui correspond à 0,012 *f* les 3 500 calories représentant un cheval-vapeur.

Dans le cas où on utiliserait des chaleurs perdues pour le chauffage des cornues, ces chiffres seraient réduits de moitié.

Ce système parait susceptible d'applications nombreuses et variées; il fonctionne depuis près d'un an chez l'inventeur, à Lisors, où il alimente un moteur à gaz de 8 *ch*, des réchauds à gaz pour le chauffage domestique et quelques becs d'éclairage par incandescence.

Le canal de Manchester. — Les résultats du trafic du canal de Manchester pendant l'année 1895 viennent d'être publiés. S'ils sont encore bien loin de répondre aux espérances conçues par les promoteurs de ce grand ouvrage, on ne peut cependant contester qu'il n'y ait une amélioration sensible permettant d'envisager la possibilité d'un avenir rémunérateur.

Le canal est actuellement complètement muni de son outillage, le raccordement avec le London and North-Western Ry est opéré par l'embranchement d'Eccles; les magasins et entrepôts sont en exploitation, et les installations frigorifiques établies par la Corporation de Manchester en pleine activité.

Voici les éléments du trafic pour les deux exercices 1894 et 1895 avec la différence.

	1895	1894	Différence.
Trafic maritime . . .	1 097 443	686 158	+ 401 285
Trafic intérieur . . .	271 432	239 501	+ 31 931
Total. . .	1 358 875	925 659	433 216

Voici, d'autre part, les recettes pour les deux années avec leur subdivision.

	1895	1894	Différence.
Trafic maritime . . .	3 014 000	1 924 000	+ 1 090 000
— intérieur . . .	127 000	91 000	+ 36 000
Voyageurs.	44 000	171 000	— 127 000
Locations et divers. .	234 000	180 000	+ 54 000
Total. . . .	3 419 000	2 366 000	1 053 000

Les recettes totales ont donc augmenté de 44 0/0 de 1894 à 1895, et les recettes du trafic maritime, qui est le but essentiel du canal, de 57 0/0.

Ces résultats ne sont pas décourageants, bien qu'il s'agisse de rémunérer une dépense qui s'élève à 375 millions de francs, et, si l'on considère que le canal de Suez a mis dix ans à réaliser le trafic annoncé par ses promoteurs; en 1870, la seconde année de sa mise en exploitation, ses recettes ne s'élevaient encore qu'à 1 142 000 *f.*

L'ouverture du canal de Manchester a déjà donné lieu à l'établissement d'un certain nombre d'entreprises de transport dont la plus intéressante pour nous est celle de la Seine and Mersey Steamship Cy qui fait le service entre Manchester, Liverpool, Rouen et Paris. Ce service a été inauguré, il y a environ dix-huit mois avec le steamer *Kenilworth* auquel a été ajouté plus tard le *Saint-Denis*.

Les résultats paraissent avoir été satisfaisants, puisque la Compagnie vient d'adjoindre depuis le 1er janvier à ces navires le *Saint-George* de 600 *tx* et 650 *ch* indiqués, construit à Sunderland spécialement pour ce service.

La difficulté de la remonte à Paris n'est pas dans le tirant d'eau qui est partout actuellement de 3 *m*, mais dans le peu de hauteur sous certains ponts, notamment ceux de Sèvres, Conflans et Andé; sous ce dernier, il n'y a guère que 6 *m* de hauteur au-dessus de l'étiage. Mais, au point de vue commercial, il faut ajouter la concurrence du chemin de fer et les détours que forme le fleuve et qui portent la distance de Paris au Havre à 365 *km* par la Seine, alors qu'elle n'est que de 228 par le chemin de fer.

Daniel Kinnear Clark. — Le 22 janvier dernier est mort à Londres, à l'âge de 74 ans, un ingénieur qui s'était fait il y a quarante ans une très grande réputation, et dont le nom était toujours en honneur parmi la profession, nous voulons parler de M. Daniel Kinnear Clark, auteur d'expériences remarquables et d'ouvrages classiques sur le matériel de transport des chemins de fer.

D. K. Clark avait fait son apprentissage dans un atelier de construction de Glasgow et dans le bureau d'ingénieur civil de M. John Miller, de la même ville, alors en grande réputation et s'occupant principalement d'études relatives aux chemins de fer et à leur matériel fixe et roulant. Il s'assimila suffisamment ces questions pour avoir pu, après un an ou deux de pratique, obtenir, en 1853, le poste de locomotive superintendent du Great North of Scotland Ry.

Ces fonctions le mirent à même de réaliser sur les locomotives des expériences très approfondies, qui ont porté principalement sur le fonctionnement de la vapeur dans les cylindres de ces machines, expériences qui mirent en lumière les faits caractéristiques, déjà indiqués en France une dizaine d'années auparavant par Combes et Thomas, qui se passent dans les cylindres, savoir la condensation à l'admission et la revaporisation subséquente, faits sur lesquels repose toute la théorie moderne de la machine à vapeur. Nous avons exposé dans les *Bulletins* de la Société, année 1877, pages 880 et suivantes, les résultats principaux des expé-

riences de Clark et leur importance qui assurera toujours à leur auteur une place distinguée parmi ceux qui ont contribué à établir les véritables principes de la machine à vapeur.

Les résultats de ces expériences furent d'abord présentés par l'auteur dans des communications faites à l'Institution of Mechanical Engineers, puis ils formèrent, avec des développements importants, une partie du grand ouvrage, *Railway Machinery*, qui eut un succès énorme et qui contribua surtout à la réputation de Clark. Ce livre, bien que remontant à quarante ans, est toujours classique et se trouve dans toutes les bibliothèques d'ingénieurs de chemins de fer. Il est trop connu pour qu'il soit besoin d'insister sur ce sujet.

Quelques années plus tard, en 1860, Clark publia, avec la collaboration de Colburn, un supplément à son ouvrage, supplément intitulé *Recent practice in Locomotive Engines*, où on trouve des détails sur la combustion sans fumée, question qui avait fait le sujet de recherches de la part de Clark, et sur les locomotives américaines.

Lors de l'Exposition universelle de 1862, à Londres, Clark fut chargé du département mécanique, installation des machines, transmissions, moteurs, etc.; il s'acquitta avec honneur de cette tâche délicate et mit à profit les observations que ses fonctions lui avaient permis de recueillir pour la publication d'un ouvrage qui eut également un grand succès et qui peut encore être aujourd'hui utilement consulté, *The Exhibited Machinery of 1862*.

Clark avait quitté le Great North of Scotland Ry pour la publication de son grand ouvrage; il se consacra depuis à la profession d'ingénieur civil ayant installé son bureau à Londres, dans Buckingham Street, Adelphi, où il resta jusqu'à sa mort, soit pendant 39 ans. Il s'occupait d'expertises et d'études qui le conduisirent jusqu'en Égypte, à la première cataracte, où il était question d'établir un plan incliné pour faire franchir par les bateaux ce célèbre obstacle à la navigation. Il était également expert de la Société royale d'agriculture pour les essais de machines et de matériel agricole. Il s'occupait surtout de faire des ouvrages de littérature technique. En 1878 il publia un traité de la construction et de l'exploitation des tramways, le seul de ses livres qui ait été traduit en français et qui n'est pas un des meilleurs. Il a publié également un aide-mémoire à l'usage des ingénieurs, qui est très complet et a eu un grand succès en Angleterre.

Clark travailla pendant de longues années à la préparation d'un grand ouvrage sur les machines à vapeur. C'est à cette occasion que nous entrâmes en rapport avec lui; il avait bien voulu nous demander de lui fournir pour cet ouvrage les diagrammes d'indicateur relevés sur nos premières locomotives compound, d'où résulta une correspondance qui dura quelque temps et s'étendit sur un terrain plus large. Cet ouvrage, longuement élaboré, n'a paru qu'il y a trois ans; il est très largement conçu et embrasse à peu près toutes les questions relatives à la machine à vapeur. Depuis sa publication, Clark, dont la santé était devenue fort chancelante, vivait absolument retiré.

En dehors des ouvrages publiés par lui, Clark a donné dans les publications de l'*Institution of Civil Engineers* et de l'*Institution of Mecha-*

nical Engineers, un assez grand nombre de mémoires sur des sujets se rattachant à ses études favorites, par exemple sur la production de vapeur des chaudières, l'action de la vapeur dans les cylindres des machines, la résistance des parois planes et des fonds de chaudière, les progrès de la construction des machines dans les pays étrangers, les travaux du Gothard, etc.

Nous exprimerons de nouveau ici le regret que nous avons déjà formulé dans une notice sur Edwin Clark, mort l'année dernière. D.-K. Clark aurait dignement figuré au nombre des membres honoraires de notre Société.

Le sondage le plus profond. — Le sondage le plus profond qui ait été encore fait, est, d'après l'*Oesterreichische Zeitschrift für Berg and Huttenwesen*, celui qui a été exécuté par l'administration fiscale prussienne à Paruschowitz, près Rybnitz, dans la Haute-Silésie.

Ce sondage, commencé le 26 janvier 1892, a été achevé le 17 mai 1893, après avoir atteint la profondeur de 2 003 34 *m*, il avait pour objet la recherche de couches de houille, on en a trouvé 80 dont la puissance totale est de 89,5 *m*, mais il a servi à des constatations scientifiques d'un haut intérêt.

L'accroissement de température a été trouvé de 1 degré pour 34,1 *m*, ce qui se rapproche considérablement des chiffres généralement admis, et que nous avons indiqués dans la chronique de janvier dernier, page 126, savoir 28,20 chiffres de Lord Kelvin et 33,40, résultats obtenus au Gothard.

Le travail a été exécuté en 399 jours, ce qui donne un avancement moyen de 5,05 *m* par jour. La dépense a été de 94 000 *f*, ce qui correspond à 47 *f* par mètre courant.

L'administration fiscale prussienne a, depuis quinze ans, fait exécuter 400 forages dont la longueur collective est de 130 000 *m*, soit en moyenne 350 *m* chacune et qui ont coûté ensemble 16 millions de francs en nombre rond, ce qui fait pour le mètre courant un prix moyen de 123 *f*.

Les accidents du Saint-Paul. — Le *Saint-Paul*, le second des grands paquebots construits pour l'*American line*, aux chantiers Cramp, à Philadelphie et dont nous avons parlé dans la chronique de novembre 1894, page 725, a, comme le *Saint-Louis*, complètement confirmé les prévisions de ses constructeurs, mais il lui est arrivé, depuis sa mise en service, quelques accidents dont deux particulièrement méritent d'appeler l'attention.

Le 18 décembre dernier, au moment où le *Saint-Paul* était sur le point de quitter New-York pour l'Europe, une conduite de vapeur se rompit et amena la mort instantanée de cinq hommes et celle très prompte de quatre autres, c'est-à-dire de tous ceux qui se trouvaient à ce moment dans la chambre des machines de bâbord. On sait que le *Saint-Paul* et le *Saint-Louis* sont des paquebots à deux hélices ayant deux chambres de machines séparées par une cloison étanche.

La conduite de vapeur qui avait donné lieu à l'accident était en tôle

d'acier assemblée par rivets, le diamètre était de 0,38 *m*. Cette conduite aboutissait à une boite à soupape en fonte fixée contre la cloison étanche que traversait la conduite; cette boite communiquait de plus avec le tuyau allant à la machine de bâbord, et à un autre tuyau vertical qui se récourbait plus haut pour rejoindre la machine de tribord. C'est la boite à soupape qui s'était brisée. L'examen des débris fit voir que la cassure était très nette, la matière de bonne qualité, l'épaisseur de la fonte, 40 *mm*, était beaucoup plus que suffisante.

Le verdict du jury dans l'enquête du coroner déclara que la rupture n'a pas été causée par la négligence de la Compagnie ou de quelques-uns de ses employés; les parties qui se sont brisées étaient établies selon les règles de l'art et capables de résister à une pression de 15 *kg* par centimètre carré, alors que la pression au moment de l'accident ne dépassait pas 9 *kg*; le système de purge des conduites était celui qui est généralement établi à bord des navires à vapeur; il est à recommander toutefois que les sections des tuyaux d'évacuation de l'eau condensée pour les conduites et boites à soupapes d'arrêt soient agrandies. Le verdict est muet sur les causes de l'accident.

D'après la législation américaine, une autre enquête, technique celle-là, doit être faite par les soins de l'inspecteur de district de New-York. En attendant que cette enquête donne quelque lumière sur les causes de cet accident, les journaux américains se livrent à des considérations sur ce grave sujet. On peut attribuer la rupture à un coup d'eau, à une dilatation inégale en présence d'une masse d'eau condensée, la partie supérieure de la boite étant chauffée rapidement par la vapeur, alors que la partie inférieure contenant de l'eau restait froide, enfin, à un effort irrésistible d'expansion exercé contre la paroi de la boite par la conduite dont le joint de dilatation ne fonctionnait pas, par excès de serrage ou autre chose. Quelle que soit la cause réelle, il n'en est pas moins vrai que les accidents de ce genre doivent attirer l'attention la plus sérieuse.

Ils ne sont pas rares, en effet, car dans une communication faite l'année dernière à l'*Institution of Naval Architects*, M. Milton donnait une liste de quatorze ruptures de conduites de vapeur, survenues depuis 1887 à bord de bâtiments, et dont quelques-unes ont eu des conséquences très graves.

Le second accident est d'une autre nature. Le 25 janvier dernier, le *Saint-Paul*, arrivant d'Europe, s'est ensablé en plein jour, mais par un fort brouillard, sur les bancs de Long-Breach, près de la côte de New-Jersey. Le paquebot ne put être relevé que le 4 février, c'est-à-dire au bout de dix jours, au moyen de puissants remorqueurs, et après qu'on l'eut en partie déchargé. On peut dire qu'il dut son salut au temps exceptionnellement calme qui régna pendant toute la durée de l'échouage, car, si la mer eût été un peu grosse, le navire eût été infailliblement perdu. Les journaux américains blâment le peu d'initiative qui se manifesta dans cette circonstance et la lenteur avec laquelle il fut procédé au sauvetage.

L'*Engineering News* insiste sur les services que peuvent rendre, dans ces occasions, les grandes dragues à succion dont on se sert dans la baie

de New-York, à Galveston, à l'embouchure de la rivière Columbia, etc.

Une drague de ce genre peut extraire 7,5 m^3 de sable par minute; en travaillant sept jours à quinze heures par jour, soit cent cinq heures, elle extrairait $7{,}5 \times 60 \times 105 = 47\,250$ m^3. Le paquebot étant peu engagé sur le banc, il aurait suffi de pratiquer à la drague, tout le long du bord et le plus près possible, une fosse, pour que le sable mouvant, pressé par le poids de la coque à basse mer, s'écoulât en partie dans cette fosse et laissât à flot le navire, auquel il ne manquait que 6 pieds d'eau pour flotter à mer haute.

Les 47 250 m^3 représentent une fosse de 200 m de longueur, 50 m de largeur et 4,70 m de profondeur. Comme la moitié de cette section eût été suffisante, selon toute probabilité, on peut admettre qu'avec une seule drague on eût pu faire flotter le *Saint-Paul* bien plus vite et au prix d'une moindre dépense que celle qu'ont entrainée le déchargement partiel du paquebot et l'aide de nombreux remorqueurs. Un détail à noter, c'est que dès que le *Saint-Paul* fut échoué, on le mit en communication par un fil avec la terre et le réseau général téléphonique, et que la Compagnie put suivre, de ses bureaux de New-York, toutes les opérations du sauvetage.

Une fois le relèvement opéré, le *Saint-Paul* fut mis dans la forme sèche et un examen minutieux ne montra aucun dommage, ni dans la coque, ni dans les machines et le paquebot put effectuer son départ pour Southampton, le 26 février.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1896.

Rapport de M. E.-P. BERARD sur **les appareils respirateurs** de M. LE Dr DETOURBE et de M. DETROGE.

Ces appareils sont des perfectionnements de ceux que les mêmes inventeurs avaient présentés au concours ouvert par l'Association des industriels de France contre les accidents du travail.

Ces perfectionnements, dans le masque de M. Detourbe, visent principalement les détails et la construction, de manière à en faire un appareil d'un usage relativement commode et d'une parfaite efficacité. Dans celui de M. Detroge, l'auteur a réalisé une combinaison originale en le divisant en deux parties distinctes, le respirateur buccal et le respirateur nasal, qui peuvent être employés séparément; le prix en est d'ailleurs très réduit, 1,50 *f* pour le premier et 3,50 *f* pour le second, total 5 *f*; aussi cet appareil s'est-il rapidement répandu.

En résumé, et en attendant que l'assainissement des industries à poussières s'obtienne par la modification même des méthodes de travail, on est actuellement en possession d'appareils permettant de réaliser une amélioration importante dans la protection des ouvriers.

Rapport de M. LAVALARD sur **le frein de voiture** de MM. CLOOS et SCHMALZER.

Le principe de ce frein consiste dans l'emploi d'une bande métallique recouverte de cuir, solidaire de l'essieu et pouvant s'appliquer avec serrage sur le moyeu de la roue, sous l'action d'une pédale pressée par le pied du conducteur de la voiture.

Cette disposition est très simple, n'est pas apparente et a un effet instantané; elle convient très bien pour les voitures légères.

L'œuvre industrielle de Pasteur, par M. E. DUCLAUX.

Il s'agit d'une conférence faite le 27 décembre dernier à la Société d'Encouragement, et dans laquelle l'auteur passe en revue les travaux de Pasteur sur la fermentation, qui ne sont autre chose que le développement logique et harmonieux des principes posés par lui, dès 1857, à propos de l'étude de la fermentation lactique.

Revue des **perfectionnements récents apportés à la fabrication des grands produits chimiques**, par M. A. BUISINE, professeur de chimie industrielle à la Faculté des sciences de Lille.

Cette note étudie les perfectionnements apportés à la fabrication

des produits provenant de la décomposition du chlorure de sodium, savoir : l'acide chlorhydrique, les chlorures décolorants, la soude, etc.

Autrefois, le seul procédé en usage était celui de Leblanc; puis est venu, assez récemment, le procédé à l'ammoniaque, qui occupe actuellement le premier rang, mais qui est menacé par les procédés électrolytiques dont on commence à s'occuper très sérieusement.

Unification des méthodes d'essai de résistance des matériaux, par M. L. Baclé.

L'auteur, dans une conférence faite à la Société d'Encouragement, le 10 janvier 1896, après avoir fait comprendre l'intérêt considérable qu'il y avait, pour les consommateurs et même pour les producteurs, d'établir des règles générales pour l'essai des matériaux, donne un historique de la question commençant à la fondation, en 1884, par feu Bauschinger, d'une conférence ayant pour objet l'étude des décisions à prendre pour rendre uniforme les méthodes d'essai. Cette conférence a tenu jusqu'à présent cinq sessions, dont la dernière à Zurich au mois de septembre dernier.

Le gouvernement français a, de son côté, décidé en 1891 la création d'une Commission officielle pour l'étude de la question.

Cette Commission nomma deux Comités d'étude dans son sein, lesquels produisirent un grand nombre de rapports, et les décisions prises furent résumées dans deux rapports généraux. C'est l'analyse de ces rapports qui fait l'objet principal du travail dont nous nous occupons.

Cette analyse, débutant par la classe des métaux, passe successivement en revue les essais physiques, les essais chimiques et les essais mécaniques, et insiste particulièrement sur ces derniers qui formaient la partie essentielle des travaux de la Commission et occupent, à ce titre, une place prédominante dans le rapport général. L'auteur examine donc successivement les questions relatives à la préparation des éprouvettes, à l'influence de la température et de la durée des essais, aux machines d'essai, aux grandeurs à mesurer, à la terminologie mécanique et technique, puis étudie de plus près les essais à la traction, à la compression, à la flexion, au pliage, à la torsion, au cisaillement et au poinçonnage; les épreuves par action brusque ou choc, flexion, pénétration superficielle et perforation par le tir d'un projectile; viennent ensuite l'étude de la dureté et de la fragilité, les essais de fabrication, les essais spéciaux pratiqués sur certaines pièces finies, etc.

Le rapport relatif aux matériaux de construction autres que les métaux étudie d'une manière détaillée les méthodes d'essais applicables aux ciments, aux chaux, sables et plâtres et les questions qui s'y rattachent.

Analyse d'un rapport de M. J. Olivier Arnold, sur **l'influence du carbone sur le fer,** par M. R. Masse.

Ce rapport a pour objet d'exposer l'ensemble des résultats de cinq années de recherches entreprises pour reconnaître l'état dans lequel le carbone se trouve dans l'acier, et les changements qu'éprouve cet état selon les conditions par lesquelles passe l'acier.

L'auteur a opéré en préparant d'abord des lingots d'acier de mêmes dimensions et présentant une variation de composition telle que la teneur en carbone passe graduellement de 0,1 à 1,5 0/0, et que la série passe des aciers les plus doux jusqu'aux plus durs. Les aciers ainsi obtenus ont été analysés chimiquement, le carbone a été déterminé à ses divers états dans les aciers normaux, recuits et trempés; on a étudié les propriétés mécaniques de ces aciers, ainsi que leur structure microscopique; enfin, on a mesuré, d'après la méthode de notre Collègue M. Osmond, la chaleur absorbée pendant l'échauffement ou dégagée pendant le refroidissement des aciers par suite du changement d'état du carbone, et on a relevé les propriétés magnétiques, etc.

Ces études ont conduit à un certain nombre de conclusions relatives à la nature des constituants de l'acier, à l'existence de points de saturation, à l'influence du recuit, etc., conclusions dont la reproduction, même abrégée, nous conduirait trop loin.

Notes de chimie et de métallurgie.

Il s'agit d'une série de notes très courtes, relatives à des questions de chimie et de métallurgie extraites du *Journal of the Society of chemical Industry* et du *Stahl und Eisen*.

Circulation de l'eau dans les chaudières à petits éléments.

A la suite d'une controverse engagée dans les journaux anglais sur la question de la circulation de l'eau dans les chaudières à tubes d'eau, et dans laquelle il avait eu pour principal adversaire notre éminent Collègue M. A. Normand, M. Yarrow avait entrepris sur la question en discussion une série d'expériences. Ces expériences, qui ont été données dans les journaux anglais, exécutées, non sur des chaudières, mais sur des éléments formés de tubes partiellement en verre, chauffés par des becs de gaz, ont démontré que l'emploi de tubes droits était sans inconvénient, parce que la dilatation n'était pas appréciable tant que la circulation était assez active et que celle-ci pouvait s'opérer sans l'emploi de tubes de retour d'eau extérieurs.

Il est juste d'ajouter que des lettres adressées ultérieurement aux journaux qui avaient publié ces expériences témoignent de l'idée qui existe encore dans beaucoup d'esprits que, quelque intéressantes que soient ces expériences, elles n'ont pas été exécutées dans des conditions assez semblables à celles de la pratique courante pour être tout à fait probantes, et que des doutes subsistent encore sur cette question de la circulation.

Bélier hydraulique, système Decœur.

Ce bélier est caractérisé par une disposition des clapets dont le but est d'augmenter le rendement en diminuant le plus possible la vitesse de l'eau au sortir du clapet de fuite, et en rapprochant le plus possible ce clapet de celui de refoulement.

Déchargeur de charbon de Long. (Extrait du *Scientific American*).

Cet appareil, d'une disposition très originale, consiste en un cylindre horizontal de 3,80 *m* de diamètre et 12 *m* de longueur. Dans sa position normale, il communique de chaque côté avec une voie de chemin de fer; de plus, il peut rouler lui-même sur une voie dans un sens perpendiculaire aux premières voies. Une locomotive refoule un train de wagons chargés de charbon, lesquels pénètrent successivement dans le cylindre qui, en roulant transversalement, culbute leur contenu dans un couloir aboutissant aux soutes ou cales des navires. On peut, paraît-il, décharger jusqu'à un wagon par minute.

Transmission de force par l'air comprimé. (Extrait de l'*Engineering News*.)

Cette transmission, établie aux mines North Ston, en Californie, a pour moteur une roue Pelton de 3,65 *m* de diamètre sur laquelle l'eau arrive à la charge de 25 *atm* par une conduite en tôle d'acier de 0,50 *m* de diamètre. Cette roue fait 110 tours par minute, et son arbre actionne directement deux compresseurs. L'air, à 6,30 *kg* de pression, est envoyé par une conduite de 0,15 *m* de diamètre au réservoir de la mine. On l'emploie à mettre en mouvement une machine d'extraction, une pompe d'épuisement, des perforatrices, etc. Le travail total produit par l'air comprimé sur ces engins est de 175 *ch* sans réchauffage et de 250 avec réchauffage de l'air.

La photographie cathodique de Rœntgen. — On donne ici la traduction du mémoire publié par M. Rœntgen dans les *Annales de la Société physico-médicale de Wurzbourg* de décembre 1895. Nous renverrons au sujet de cette question, toute d'actualité, à ce que nous en avons dit dans la Chronique de Janvier, page 129.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

NOVEMBRE 1895.

Pont de Cosne. — Comparaison entre le travail calculé et le travail observé, par M. DUPUY, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, avec le concours de MM. LETHIER, Ingénieur en chef, et GUILLOT, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le pont de Cosne, composé de quatorze travées indépendantes de 57,96 *m* de portée, a été, au moment des épreuves, soumis à des efforts considérables au moyen de deux trains attelés chacun de trois locomotives. Les résultats obtenus au moyen d'appareils destinés à mesurer le travail du métal, installés sur plusieurs des barres constituant une travée, ont indiqué que les faits étaient loin d'être d'accord avec la théorie. Ainsi, le calcul indiquait pour les barres et les plates-bandes des

efforts variant de 2,50 à 5,20 *kg* par millimètre carré. Les appareils Manet ont montré que ces efforts allaient de 5,50 *kg* à 8,8. Cette différence, qui est loin d'être négligeable, tient à la déformation qui se produit dans les montants verticaux et les barres inclinées.

L'objet de la note est de montrer que l'on peut se rendre compte par le calcul et avec une grande approximation du travail réel; il suffit pour cela d'étudier les causes de déformation et déterminer leur importance.

Les conclusions de l'auteur présentent assez d'intérêt pour que nous trouvions utile de les reproduire ici :

1° Les méthodes employées pour le calcul des ouvrages métalliques semblent faire connaître le travail moyen des barres sous le passage des trains types, mais ces méthodes ne tiennent aucun compte de l'accroissement de travail dû aux flexions, accroissement qui peut être parfois supérieur au travail calculé;

2° Le défaut de liaison entre les deux parties de la barre inclinée (1) semble accroître assez notablement le travail dans le montant vertical et dans la barre inclinée;

3° Les appareils Manet, perfectionnés par M. Rabut, paraissent pouvoir faire connaître avec exactitude l'accroissement du travail dû aux flexions, sous la condition d'être employés avec discernement, d'être placés dans les points où le rayon de courbure atteint son minimum et d'être groupés de manière à se trouver symétriquement placés par rapport à l'axe neutre des barres;

4° Les calculs qui précèdent montrent que l'on réduira le travail dû aux flexions en faisant converger vers un même point tous les axes neutres des barres constituant chaque nœud, et en veillant à ce que les efforts agissent, autant que possible, suivant l'axe neutre des barres;

5° Quoi qu'on fasse, on ne supprimera jamais les flexions, et, à moins de calculer avec exactitude les efforts, il convient de se tenir dans la pratique bien au-dessous de la limite d'élasticité du métal;

6° Le calcul du travail dû aux flexions est très laborieux; il est basé sur des hypothèses, et il y aurait grand intérêt à répéter les expériences faites au pont de Cosne, afin d'en déduire des règles pratiques.

Le mémoire se termine par l'indication de quelques règles à appliquer pour réduire, dans une certaine mesure, le travail dû aux flexions, règles qui consistent surtout à disposer les pièces de manière que les résultantes des actions qu'elles reçoivent soient dirigées suivant l'axe neutre de ces pièces.

Bulletin des accidents arrivés pendant l'année 1894 dans l'emploi des appareils à vapeur.

Ce Bulletin a déjà paru dans les *Annales des Mines*, et nous en avons reproduit les chiffres les plus essentiels dans les Comptes rendus de décembre 1895, page 640.

(1) Les grandes poutres du pont de Cosne sont formées de panneaux constitués chacun par un montant vertical et une seule barre inclinée.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JANVIER 1896.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 4 janvier 1896.

Communication de M. LEBLANC sur **l'action de l'arsenic sur l'acier.**

Cette communication, empruntée au journal allemand *Stahl and Eisen*, a pour objet de montrer que la supposition généralement admise, il y a peu de temps encore, que l'arsenic était très nuisible à la qualité du fer n'est pas confirmée par l'expérience.

Stend a fait une série d'essais sur des aciers Bessemer et Martin, et a constaté que l'arsenic en quantité notable augmente la résistance de l'acier et n'en supprime nullement la soudabilité ; de plus l'arsenic n'a pas la moindre tendance à produire la rupture à chaud. Cette substance diminue la conductibilité électrique de fer, comme du reste tout corps étranger.

Communication de M. MARÉCHAL sur un **projet d'exploitation par grandes tailles descendantes.**

L'auteur insiste sur les avantages que présente la méthode par tailles descendantes pour l'exploitation des couches grisouteuses, avantages consistant dans une plus grande sécurité des ouvriers et un meilleur rendement, une surveillance plus facile, la réduction de la consommation du bois et de l'entretien des voies de roulage, etc. Pour les faire apprécier plus facilement, il passe en revue les différents services d'une taille descendante, abatage, boisage, remblayage, roulage, aérage, etc.

A la suite de cette communication, quelques observations sont présentées, tendant à contester la réalité de quelques-uns des avantages indiqués plus haut. On fait également remarquer qu'il n'est pas à conseiller de laisser dans les remblais de vieux bois qui ne peuvent que faciliter la propagation des incendies souterrains.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE DÉCEMBRE 1895.

Les ferments. — Conférence faite à la Société industrielle dans la séance du 27 novembre 1895, par M. le Dr H. POTTEVIN.

L'hygiène de l'eau potable et son application spéciale aux eaux de Mulhouse, par M. le Dr G. Kestner fils.

Dans la première partie de sa communication, l'auteur examine les conditions essentielles que doit remplir une eau pour être potable, et constate l'insuffisance de l'analyse chimique pour arriver à cette détermination, insuffisance reconnue depuis les progrès des études bactériologiques. L'analyse microbienne doit aujourd'hui jouer un rôle capital dans l'étude d'une eau potable, et surtout si l'on se trouve en présence d'une eau soupçonnée d'avoir provoqué des maladies infectieuses telles que le choléra ou la fièvre typhoïde.

La seconde partie concerne l'appréciation spéciale des eaux potables de Mulhouse, c'est-à-dire celle de la canalisation et des puits ; elle donne les résultats des analyses chimiques et bactériologiques de ces eaux, et indique un certain nombre de précautions qu'il serait utile d'employer pour prévenir leur contamination possible par des causes extérieures.

L'auteur termine en signalant un danger qui n'est pas spécial à Mulhouse. On peut avoir des eaux à l'abri de tout soupçon et voir des maladies infectieuses s'introduire par l'usage, en été, de glace naturelle impure provenant d'eau chargée de microbes. M. Kestner a constaté la présence de dix mille germes par centimètre cube dans de la glace absolument claire. L'emploi de la glace artificielle est une garantie à cet égard.

Note sur l'appareil de M. J. Bonny destiné à produire mécaniquement **l'aspiration du fil de trame des navettes à tisser,** par M. E. Poinsot.

Il s'agit d'un petit appareil mécanique destiné à remplacer l'aspiration du fil que l'ouvrier fait avec la bouche. Cette opération, répétée fréquemment, devient fatigante et, de plus, elle est malsaine, à cause de la présence des poussières et duvets. Si on considère qu'un ouvrier peut avoir à faire cette aspiration deux mille fois par jour, on conçoit que son remplacement par une opération mécanique peut être intéressant au point de vue hygiénique et humanitaire.

Note sur un **procédé de fabrication de l'acide chlorhydrique,** par M. Otto N. Witt.

Ce procédé consiste à utiliser les liqueurs provenant de la carbonatation dans le procédé Solvay. Ces liqueurs sont amenées à l'état demi-sec, puis desséchées et calcinées ; on en obtient du sel ammoniac qu'on traite, dans des appareils semblables aux fours à sulfate du procédé Leblanc, par de l'acide phosphorique sirupeux ; la totalité de l'acide chlorhydrique se dégage à l'état gazeux. Après son dégagement, on chauffe davantage et l'on obtient la totalité de l'ammoniaque à l'état libre. Il ne reste dans l'appareil que l'acide phosphorique à l'état vitreux, qu'on n'a qu'à dissoudre dans l'eau pour obtenir la solution sirupeuse qui servira pour une nouvelle opération. L'acide phosphorique joue ici le même rôle que l'ammoniaque dans le procédé Solvay.

Note de M. F. Kessler sur **les sépultures de Bollenberg.**

Rapport sur **la marche de l'École supérieure de chimie industrielle** de Mulhouse pendant l'année 1894-95, par M. E. Albert Schlumberger.

L'École a été fréquentée par soixante-huit élèves et manipulateurs, avec une augmentation de cinq sur l'année précédente. Sur ce nombre on compte vingt-quatre Alsaciens, quatre autres Allemands, huit Autrichiens, six Russes, six Français, trois Suisses, etc.

Le nouvel exercice ouvre avec quarante-huit élèves et dix-huit manipulateurs, total soixante-quatre.

L'École a reçu des agrandissements importants consistant en un amphithéâtre et des laboratoires plus vastes.

Les recettes se sont élevées, pour l'exercice, à M. 52158, dont 34380 pour l'écolage et le reste pour des subventions. Les dépenses ont été de M. 52158, dont 28286 pour les traitements, 22595 pour produits chimiques, dépenses relatives au service de l'école, etc., et 1276 pour l'entretien, les assurances, etc.

On a décidé d'élever les prix payés par les élèves étrangers par rapport à ceux payés par les Alsaciens; les premiers payeront dorénavant M. 1000 par an et les autres 800.

Rapport de M. C. de Lacroix sur **les résultats de l'École de filature et de tissage** pendant l'exercice 1894-95.

Le nombre d'élèves a été de 44 contre 45 pour l'année précédente. Les recettes se sont élevées à 40875 *f* contre 42150 *f* l'année précédente; les dépenses ont été un peu moindres, de sorte que les résultats financiers sont sensiblement les mêmes pour les deux années.

Le nouvel exercice a commencé avec 51 élèves, dont 20 Alsaciens, 8 Vieux-Allemands, 13 Français et 14 de nationalités diverses. L'élément étranger continue à s'élever progressivement.

Rapport de M. A. Favre sur **l'École d'art professionnel de jeunes filles** pendant l'exercice 1894-95.

Pendant cet exercice, trente-deux jeunes filles ont suivi tous les cours, sept la comptabilité seulement. Les dépenses se sont élevées à 12172 *f*, dont 9200 *f* pour les traitements des professeurs et de la directrice. Cette année est la dixième depuis la fondation de l'école, et l'on peut apprécier maintenant le succès de cette création qui a été complet, malgré les difficultés et les mauvaises volontés. L'enseignement est supérieur à celui que l'on rencontre dans les écoles similaires, et nombre de jeunes filles qui l'ont suivi occupent actuellement des situations très convenables même dans l'enseignement. Cette école peut être considérée comme un auxiliaire très utile de l'industrie mulhousienne.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *1er février 1896.*

Les machines-outils aux expositions de Carlsruhe et de Strasbourg, par G. Lindner.

Résistance et frottement des pistons à vapeur, par O.-C. Reymann *(fin)*.

Mesures et pas de vis métriques en Angleterre.

Variétés. — Technicum d'Hildburghausen. — Société allemande d'hygiène publique.

Correspondance. — Aperçu sur le calcul des régulateurs centrifuges.

N° 6. — *8 février 1896.*

Notice nécrologique sur C.-M. Rühlmann.

L'exposition d'électricité de Carlsruhe, par F. Uppenborn *(suite)*.

Disposition pour placer une nouvelle canette dans les métiers à tisser à fonctionnement continu, par G. Rohn.

Causeries sur la mécanique appliquée. N° X, par G. Holzmüller.

Groupe de Siegen. — Développement des installations électriques en Allemagne.

Groupe de Westphalie. — Nouvelles installations du puits Preussen de la Société des mines de Harper.

Groupe de Wurtemberg. — Production de l'or et de l'argent. — Explosion de chaudière à Gmund.

Association des chemins de fer. — Traction des trains sur les chemins de fer électriques.

Bibliographie. — Expériences comparatives sur la résistance au feu des piliers de magasins.

N° 7. — *15 février 1896.*

Ascenseurs pour bateaux à Henricheberg, sur le canal de Dortmund à l'embouchure de l'Ems, par B. Gerdau *(fin)*.

L'exposition d'électricité de Carlsruhe, par F. Uppenborn *(suite)*.

Groupe de Breslau. — Nouvelle construction de planchers. — Précaution contre les accidents de machines.

Variétés. — Activité des établissements de physique technique. — Recherches sur les traverses en bois et en métal et les selles de rails. — Mesures métriques.

Correspondance. — Explosions de chaudières.

N° 8. — *22 février 1896.*

Notice nécrologique sur Ferdinand Schichau.

Les machines-outils aux expositions de Carlsruhe et de Strasbourg, par G. Lindner *(suite)*.

Le pont système Schewdler à Breslau, par A. Meyerhof.

Nouveautés dans la construction des ponts à bascule pour voitures, par P. Grubeck.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Installations électriques de la ville de Hambourg.

Groupe de Hambourg. — Voiture à vapeur Serpollet. — Incrustation des chaudières et moyens de les prévenir. — Procédés mécaniques pour l'épuration des eaux d'alimentation des chaudières.

Bibliographie. — Exécution des installations de chauffage et de ventilation, par David Grove.

N° 9. — *29 février 1896.*

L'exposition d'électricité de Carlsruhe, par F. Uppenborn *(suite)*.

Système d'enclenchement électrique des signaux et aiguilles de chemins de fer de F. Natalis, par L. Kühlfurst.

Causeries sur la mécanique appliquée, par G. Holzmüller *(fin)*.

Les machines agricoles à la neuvième exposition de la Société allemande d'Agriculture, à Cologne, du 6 au 10 juin 1895, par Gründke *(suite)*.

Groupe de Berg. — Célébration du vingt-cinquième anniversaire de la fondation du groupe.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

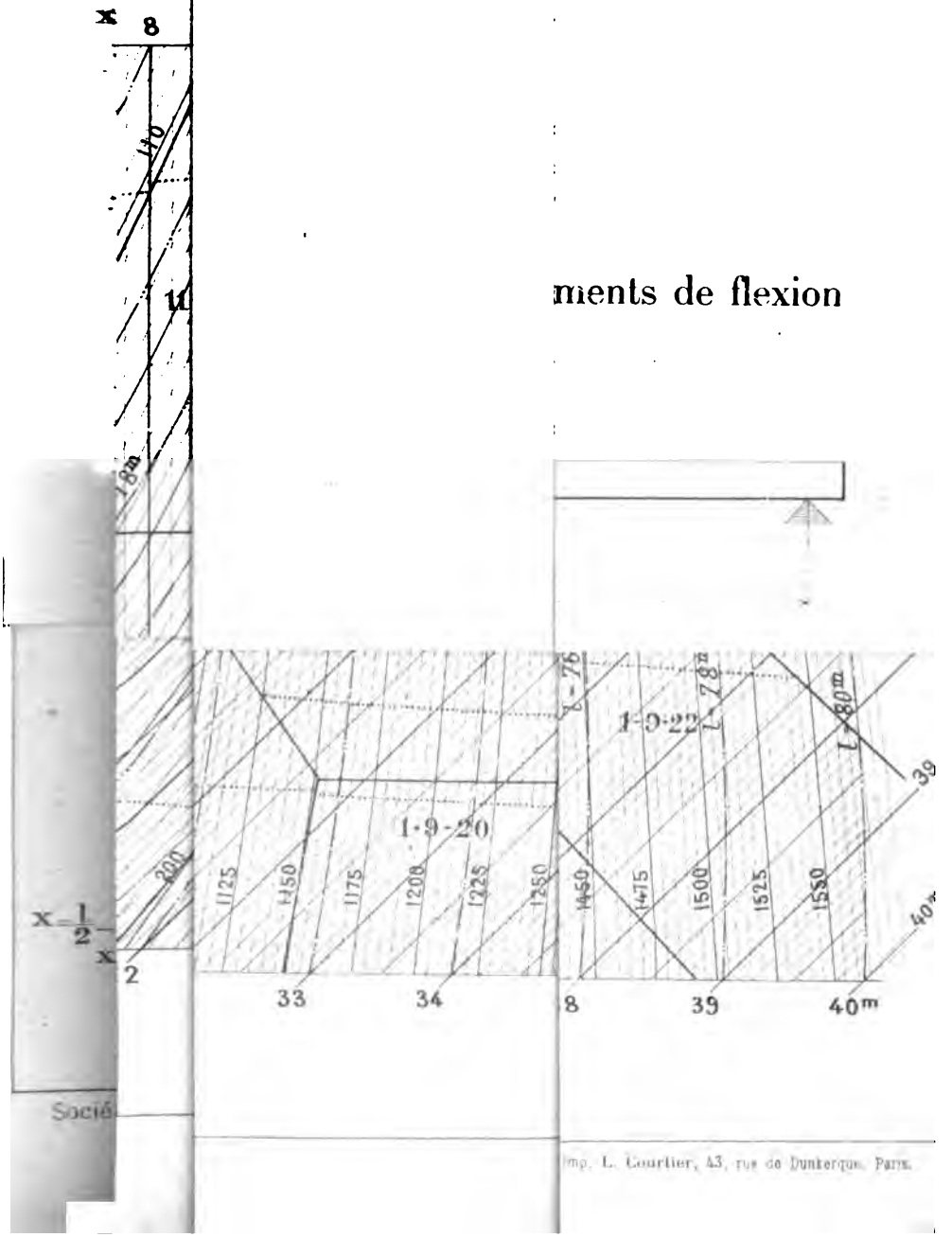
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 4128-2-96. — (Encre Lorilleux).

Pl. 156.

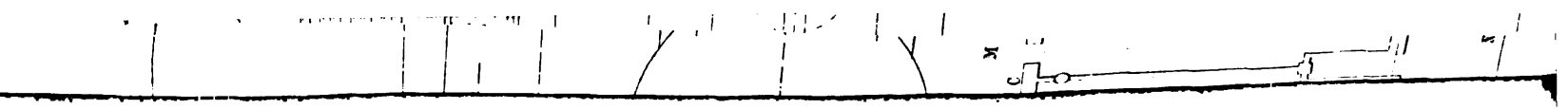
5me

Pl. 157

ments de flexion



Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



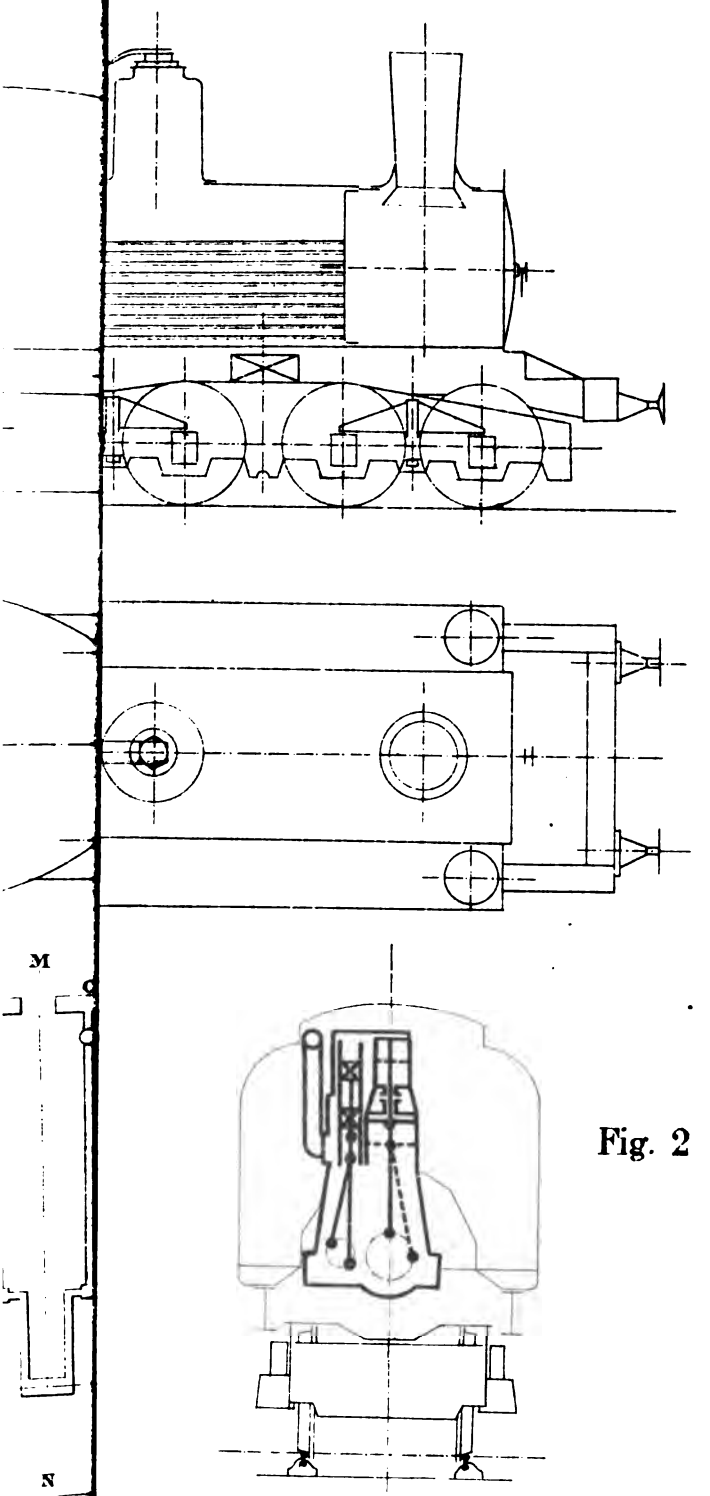
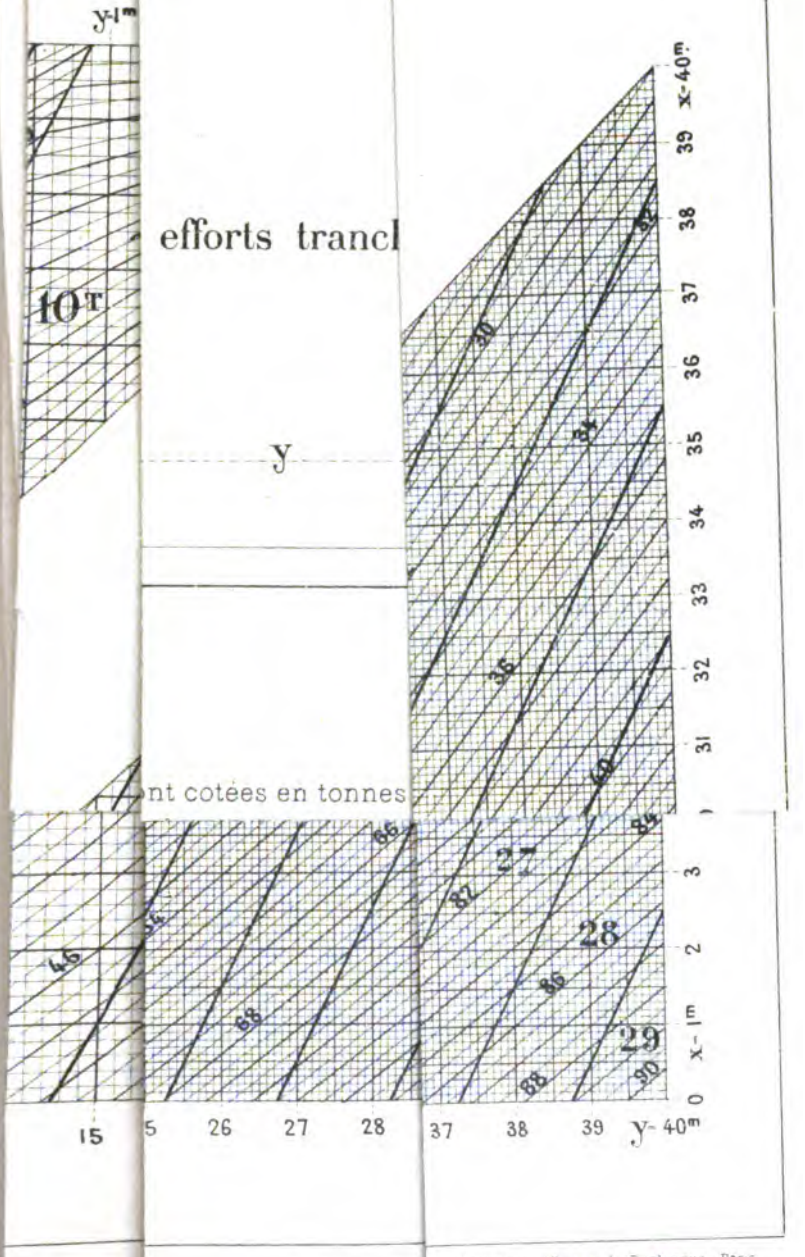


Fig. 2

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.



L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1896

N° 3

Sommaire des séances du mois de mars 1896 :

1° *Progrès de la traction électrique dans les chemins de fer*, note de M. H. de Grièges fils (Séance du 6 mars), page 296;

2° *Décès* de MM. Ch.-L. Blot, J. Abernethy, J.-J. Schmerber, A. Gibon (Séances des 6 et 20 mars), pages 296 et 302;

3° *Décorations* (Séances des 6 et 20 mars), pages 296 et 303;

4° *Nomination de M. L. Neu comme membre correspondant de la Société dans la région du Nord, en remplacement de M. V. Dubreuil, décédé* (Séance du 6 mars), page 296;

5° *Avis du Meeting de l'Iron and Steel Institute à Bilbao en 1896 et de l'Exposition industrielle et agricole de Moulins en 1896* (Séance du 6 mars), page 297;

6° *Avis de la réception du diplôme de Grand Prix décerné à la Société à l'Exposition de Bordeaux* (Séance du 6 mars), page 297;

7° *Présentation par M. A. Tresca du second volume de son ouvrage sur le matériel agricole moderne* (Séance du 6 mars). page 297;

8° *Mines d'or du Transvaal et leur genèse*, par M. Jules Garnier, avec le concours de M. Pascal Garnier, explorateur au Transvaal, et observations de MM. A. Brüll et H. Couriot (Séance du 6 mars), page 297;

9° *Projet du Canal du Rhône à Marseille*, par M. R. Le Brun et observations de MM. E. Badois, L. Molinos, J. Fleury, J. Carimantrand et E. Cornuault (Séances des 6 et 20 mars), pages 299 et 302;

10° *Dons volontaires* faits par M. G. Filleul-Brohy, 500 *f;* M. E. Gauthey, 200 *f;* M. A.-R. Grosdidier, 140 *f;* M.-L.-A. Gonin, 25 *f*, et M. E.-A. Ziffer, 20 *f* (Séance du 20 mars), page 303;

11° *Lettre collective de la Société de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, de la Compagnie des glaces et verres spéciaux du Nord à Jeumont et de la Société Anonyme des verreries et manufactures de glaces d'Aniche, qui offrent collectivement et gratuitement les glaces nues ou argentées nécessaires à la construction du nouvel Hôtel de la Société* (Séance du 20 mars), page 303;

12° *Concours pour la nomination d'un ingénieur chargé des travaux à l'École des Arts et Métiers de Châlons* (Séance du 20 mars), page 304;

13° *Lettre de M. Ch. Verrier demandant un Ingénieur pour faire les travaux de sondage des fleuves du Sénégal* (Séance du 20 mars), page 304;

14° *Présentation par M. L. Appert de son ouvrage sur les verres des vitraux anciens* (Séance du 20 mars), page 304;

15° *Le poinçonnage et le cisaillement des métaux*, par MM. Baclé et Frémont, et observations de MM. P. Chaudy, L. Rey et P. Regnard (Séance du 20 mars), page 305;

16° *Les rayons Rœntgen*, par M. J. Carpentier (Séance du 20 mars), page 308;

Mémoires contenus dans le bulletin de mars 1896 :

17° *Nouveau tracé des lignes d'influence des moments dans une poutre continue de section constante*, par M. M.-L. Langlois, page 309;

18° *Applications de statique grapho-algébrique*, par M. F. Chaudy, page 315;

19° *L'or et le diamant au Transvaal et au Cap*, par M. Jules Garnier, page 327;

20° *Notice nécrologique sur H.-B. Govignon*, par M. J. Dubuisson, page 358;

21° *Chronique* n° 195, par M. A. Mallet, page 363;

22° *Comptes rendus*, — page 373;

23° *Planches* n°s 159 et 160.

Pendant le mois de mars 1896, la Société a reçu :

35913 — De M^me^ V^e^ Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.), éditeurs. *Machines Hydrauliques, par F. Chaudy* (in-16 de 402 p. avec 298 fig. dans le texte) (Bibliothèque du conducteur de travaux publics). Paris, V^e^ Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

35914 — Dito. *Droit civil, par Louis Martin* (in-16 de 500 p.) (Bibliothèque du conducteur de travaux publics). Paris, V^e^ Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

35915 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Géométrie descriptive. Sphère. Cône et cylindre de révolution. Sections coniques, par A. Gouilly* (petit in-8° de 197 p. avec 58 fig. dans le texte) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1896.

35916 — De la Compagnie Générale des Eaux. *Compagnie Générale des Eaux. Alimentation de la banlieue de Paris en eau épurée et filtrée. Note sur l'exécution des travaux* (in-8° de 4 p. avec 2 pl.). Paris, Semichon et Cie, 1896.

35917 — De l'Office central des transports internationaux par chemins de fer à Berne. *Liste des tarifs applicables au transport des marchandises par chemins de fer, régi par la convention internationale du 14 octobre 1890. 2e édition, 1896* (petit in-4° de 114 p.). Berne, 1896.

35918 — *Tables analytiques et alphabétiques des matières contenues dans les quarante-six premiers volumes de la Revue d'Artillerie, d'octobre 1872 à septembre 1895* (petit in-8° de 387 p.). Paris, Berger-Levrault et Cie, 1896.

35919 — De MM. Baudry et Cie, éditeurs. *Nouvelles annales de la Construction, fondées par Oppermann. Tables des matières des années 1876 à 1887* (petit in-8° de 53 p.). Paris, Baudry et Cie.

35920 — Dito. *Portefeuille des machines, fondé par Oppermann. Tables des matières des années 1876 à 1887* (petit in-8° de 70 p.). Paris, Baudry et Cie.

35921 — De l'Office du Travail. *Salaires et durée du travail dans l'industrie française. Tome III* (in-8° de 648 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35922 — De l'American Academy of Arts and Sciences, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. XXX from May 1894 to May 1895.* Boston, 1895.

35923 — De la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. *Notice nécrologique sur Edmond Beaudet, par Emmanuel Bonnet* (petit in-8° de 15 p.). Paris, Imprimerie Chaix.

35924 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Wagons composant le Train Impérial offert à LL. MM. l'Empereur et l'Impératrice par la Compagnie du chemin de fer d'Orléans. Construction : M. C. Polonceau. Décoration : M. Viollet-le-Duc* (grand in-folio de 13 pl.). Paris, Bance, 1857.

35925 — De Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich. *Fündunddreissgistes Bulletin der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich. Dezember 1895.*

35926 — De la Société du Musée social. *Musée social. Série A. Circulaire n° 1* (petit in-4° de 15 p.). Paris, Firmin-Didot, 1895.

35927 — *La Nature. Table des matières des dix premières années (1873-1882). Table par noms d'auteurs. Table des gravures, par Gaston Tissandier* (grand in-8° de 284 p.). Paris, G. Masson.

35928 — *La Nature. Tables décennales des matières. II. Années 1883 à 1892. Table par noms d'auteurs. Table des gravures, par Gaston Tissandier* (grand in-8° de 247 p.). Paris, G. Masson.

35929 — De M. Maridet (M. de la S.). *Ville de Moulins (Allier). Exposition régionale organisée à l'occasion du concours régional de mai 1896. Règlement général* (in-8° de 7 p.). Moulins, Fridez frères, 1896.

35930 — De M. O.-C. Lees, Under Secretary to the Government of Bengal. *Revenue Report of the Publics Woorks Department. Irrigation Branch, Bengal, for the year 1894-1895.* Calcutta, 1895.

35931 à 35965 — Du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, par M. C. Krantz. *Exposition internationale de Chicago en 1893. Rapports publiés sous la Direction de M. Camille Krantz, Commissaire général du Gouvernement français* (35 volumes ou brochures grand in-8°). Paris, Imprimerie Nationale, 1894 et 1895.

35966 — De M. George Whaley (M. de la S.). *Exposition internationale de Chicago en 1893. Comité 16. Matériel moteur et roulant. Machines locomotives. Rapport de M. George Whaley, Commissaire rapporteur* (grand in-8° de 316 p., avec 26 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35967 — De M. A. Tresca (M. de la S.). *Le matériel agricole moderne. Tome II. Instruments d'intérieur de ferme, par A. Tresca* (in-8° de 412 p., avec 210 fig. dans le texte (Bibliothèque de l'enseignement agricole). Paris, Firmin-Didot et C^ie^, 1895.

35968 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Manuel élémentaire d'électricité industrielle, par Henry de Graffigny* (in-16 de 160 p. avec 68 figures dans le texte). (Petite encyclopédie électro-mécanique, vol. I.) Paris, E. Bernard et C^ie^, 1895.

35969 — Dito. *Manuel pratique du conducteur de dynamos et moteurs électriques, par Henry de Graffigny* (in-16 de 160 p. avec 69 figures dans le texte). (Petite encyclopédie électro-mécanique, vol. II.) Paris, E. Bernard et C^ie^, 1895.

35970 — De M. Grand-Pacha (M. de la S.). *Comité de conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1894. Fascicule XI. Procès-verbaux des séances. Rapport de la 2^e^ Commission.* Le Caire, Imprimerie nationale, 1895.

35971 — De M. J.-E. Rigolage (M. de la S.). *Ville de Saumur. Collèges communaux. Emplacement de la ville écolière, projeté par M. Rigolage* (une feuille de plans).

35972 — De M. A. Fock (M. de la S.). *Questions économiques. La pénétration africaine et le péril jaune* (in-8° de 15 p.). Paris, Nouvelle Revue, 1896.

35973 à 35975 — *Tables générales des comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tomes I à XXXI, 5 août 1835 à 30 décembre 1850* (in-4° de 1018 p.). — *Tomes XXXII à LXI, 6 janvier 1851 à 30 décembre 1865* (in-4° de 1354 p.). — *Tomes LXII à XCI, 2 janvier 1866 à 27 décembre 1880* (in-4° de 1599 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1853, 1870 et 1888.

35976 — De M. G.-C. Baravelli. *Nota su alcuni aiuti alla esecuzione dei calcoli numerici* (grand in-8° de 27 p.). Roma, 1895.

35977 — De M. W. Watson (M. de la S.). *The Chicago Drainage Canal* (in-32 oblong de 32 p.).

35978 — De M. Augusto Pinto de Miranda Montenegro. *Memoria sobre as aguas de Lisboa* (in-8° de 307 p. avec 5 pl.). Lisboa, 1895.

35979 et 35980 — De M. Armengaud aîné (M. de la S.). *Publication industrielle d'Armengaud aîné. Atlas des tomes XXIII et XXIV* qui complètent la collection de la Société. Paris, Armengaud aîné, 1877 et 1878.

35981 — Dito. *Table des articles avec planches contenus dans les tomes I à XXXII de la Publication industrielle d'Armengaud aîné* (grand in-8° de 14 p.). Paris, Armengaud aîné.

35982 — De la Chambre de Commerce de Paris. *Impôts sur les revenus commerciaux et industriels. Réponses faites par les Chambres de Commerce de province et les Chambres Consultatives des arts et manufactures au Questionnaire de M. le Ministre des Finances* (grand in-8° de 65 p.). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1894.

35983 — De M. E. Hecht (M. de la S.) *Assurances à primes fixes et assurances mutuelles. La prime et la cotisation contre l'incendie* (in-8° de 170 p.). Paris, L. Warnier, 1889.

35984 — Dito. *De Paris aux Montagnes Rocheuses* (in-8° de 23 p.). Paris, Club Alpin Français, 1894.

35985 — Dito. *Les Alpes de Savoie* (in-8° de 16 p.). Lille, Société de Géographie, 1895.

35986 — De M. Louis Lockert (M. de la S.). *Traité des véhicules automobiles. Tome I. Les vélocipèdes* (petit in-8° de 287 p.). Paris, Touring-Club de France, 1896.

35987 — De la Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. *Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. Annuaire des Sociétaires au 20 février 1896.* Paris, Imprimerie Chaix, 1896.

35988 — De M. F. Schabaver (M. de la S.). *La pompe centrifuge et ses rendements possibles pour les élévations d'eau aux grandes hauteurs* (in-8° de 9 p.). Castres, Imprimerie Abeilhou, 1896.

35989 — De M. L. Malo (M. de la S.). *Ce que c'est que le capital. Conférence faite par M. Léon Malo* (in-12 de 24 p.). Lyon, Imprimerie du Salut public, 1896.

35990 — De M. Barr Ferree. *The Modern Office Building* (in-8° de 54 p.). New-York, 1896.

35991 à 36010 — De M. J.-W. Bradley. *Documents divers concernant la ville de Wolverhampton.*

36011 — Du Ministère des Travaux Publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1894. Documents principaux.* Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

36012 — De M. Ch. Frémont (M. de la S.). *Notes bibliographiques sur la question des essais et laboratoires d'essais des matériaux de construction en France et à l'étranger*, recueillies par R. Cordier (in-4° de 143 p.). Épreuve, juillet 1895.

36013 — De M. Léon Appert (M. de la S.). *Note sur les verres des vitraux anciens* (in-8° de 68 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

36014 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Géométrie descriptive. Changements de plans de projections. Rotations. Trièdres. Polyèdres, par A. Gouilly* (petit in-8° de 157 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

36015 — Dito. *Calcul du temps de pose en photographie, par H. Boursault* (petit in-8° de 214 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

36016 — De M. Pol Lefèvre (M. de la S.). *Les sources d'énergie électrique, par M. É. Estaunié* (in-8° de 343 pages, avec 141 fig. dans le texte). (Bibliothèque des sciences et de l'industrie.) Paris, Librairies-Imprimeries réunies.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mars 1896, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

F. Barade,	présenté par MM.	Augé, de Dax, Niclausse.
P. Baucher,	—	Molinos, de Dax, Grosselin.
Ch.-E. Belleroche,	—	M. Urban, A. Urban, Ulens.
J. Bernard,	—	Buquet, Jannettaz, Marboutin.
A. Boissonnas,	—	Augé, de Dax, Niclausse.
J.-A. Boyer,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
A. Brandt,	—	Belelubski, Ghercevanof, de Timonoff, Yankowski.
E. Buxtorf,	—	E. Simon, L. Simon, A. de Dax.
F. Chaix,	—	Pellerin, Eug. Simon, A. de Dax.
M. Chéronnet,	—	Baignères, G. Dumont, Hubou.
L.-H. Despeissis,	—	Charollois, A. de Dax, G. Dumont.
Ch. Dollfus-Galline,	—	Molinos, Lippmann, Rey.
G. Filleul-Brohy,	—	Berthot, A. de Dax, A. Moreau.
J. Friès,	—	Burgaleta, M. Mathieu, de Seprès.
E. Gauthey,	—	Molinos, Lippmann, Rey.
L. Gonin,	—	de Blonay, de Muralt, Turettini.

G.-A. Grangé, présenté par MM. Coignet, Egrot, Levassor.
P. Guédon, — L. Francq, Gadot, Leroux.
G. Harten, — M. Urban, A. Urban, Ulens.
A.-F. Imber, — Molinos, Rey, Reymond.
L. Jacoupy, — du Bousquet, de Quatrefages, Rodrigue.
L. Jarre, — Dehenne, Duchesne, Harlé.
W. de Kouharski, — Molinos, A. de Dax, Zbyszewski.
A.-Ch. Kréglinger, — du Bousquet, Bricogne, Kréglinger.
L. Lambert, — Dumont, Molinos, A. Jousselin.
A. Leconte, — E. Coignet, Decourt, de Tédesco.
C. Lopez-Montes, — Molinos, A. de Dax, de Uhagon.
H. Maire, — du Bousquet, Dubois, de Schryver.
G. Margaine, — G. Blot, Hospitalier, Vaugeois.
A. Matthéi, — M. Urban, A. Urban, Ulens.
J.-B. Mazetier, — Cochelin, Haillot, Jaunet.
A.-J. Meyer-May, — E. Bernheim, Degeorge, Rousselle.
Ch. Michel, — Ed. Lippmann, Eug. Lippmann, J. Dubois.
M. Michel-Schmidt, — Molinos, A. de Dax, Van den Berghe.
Ar. Moreau, — Charollois, Labro, Villain.
C.-M.-J. Nicolet, — Buquet, Rey-Herme, Reymond.
E. Pantz, — Carimantrand, Mallet, Vuillaume.
E. Péron, — Molinos, Badois, Destabeau.
A. Perrier de la Bâthie, — Bocquin, Bourdil, Schiff.
H. Savornin, — G. Rey, Tissot, Ch. Thirion.
P. Schneider, — Chevalier, Le Bel, Petitjean, Ponceau.
L. Serpollet, — A. de Dax, Hérard, Varennes.
M. Sohm, — Arsac, Malissard, Raffard.
A. Urban, — M. Urban, A. Urban, Ulens.
J.-C. Urban. — M. Urban, A. Urban, Ulens.
D. Wehrlin, — Coignet, Picou, Ch. Wehrlin.
F. Weustenraad, — M. Urban, A. Urban, Ulens.
D. Wourgaft, — Demolon, G. Robert, Tissot.
E. Ziffer, — Molinos, A. de Dax, Pontzen.

Comme Membres associés, MM. :

E. Bréhier, présenté par MM. Bougarel, Levassor, Liébaut.
L. Grandin, — Carimantrand, Lévi, Mallet.
R. Grosdidier, — Buquet, Jordan, Lévi.
A. Jacquin, — Biarez, Chardon, A. Lavezzari.
F.-A. Lefaure, — Molinos, Delmas, Rouart.
L. Marie, — Duchesne, A. de Dax, de Tedesco.
E. Spruyt, — M. Urban, A. Urban, Ulens.
P. Urban, — M. Urban, A. Urban, Ulens.
E. Walrand, — Coignet, Picou, Ch. Walrand.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 MARS 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. H. de Grièges avait demandé à prendre la parole au commencement de la séance pour répondre aux observations qui avaient été faites au sujet de sa communication; mais ces discussions qui se prolongent indéfiniment, d'une séance à l'autre à propos du procès-verbal, perdent beaucoup de leur intérêt. M. de Marchena devant présenter prochainement une communication sur *l'Application de l'électricité à la traction des trains des grandes lignes de chemins de fer*, M. le Président a pensé qu'il serait plus intéressant d'ouvrir une discussion générale sur la question, et il a demandé à M. de Grièges de vouloir bien ajourner sa réponse jusqu'à l'époque qui sera fixée pour cette discussion à laquelle toute l'ampleur désirable sera donnée.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Charles-Léon Blot, membre de la Société depuis 1849, Ingénieur du matériel aux chemins de fer Romains et aux chemins de fer du Nord-Ouest de l'Espagne, inventeur des balayeuses employées par la ville de Paris.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'informer la Société que :

M. E.-H. Boyer a été nommé officier d'Académie;

M. J. Dybowski a été nommé Directeur de l'Agriculture et du Commerce à Tunis.

M. L. Neu a été nommé membre correspondant de la Société dans la région du Nord en remplacement de M. Dubreuil, décédé.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement : *Exposition internationale de Chicago en 1893*. Rapports publiés sous la direction de M. Camille Krantz, commissaire général du Gouvernement français (35 volumes et brochures).

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société a reçu avis de l'ouverture en septembre 1896, à Bilbao, du Meeting de l'Iron and Steel Institute, et de l'ouverture, en mai 1896, d'une exposition industrielle et agricole à Moulins.

M. LE PRÉSIDENT annonce la réception du diplôme de grand prix décerné à la Société à l'Exposition de Bordeaux.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. A. Tresca pour la présentation du second volume de son ouvrage sur *le Matériel agricole moderne*.

M. A. TRESCA rappelle qu'il a remis il y a deux ans à la Société le premier volume qui traitait des instruments extérieurs de la ferme; le second volume qui vient de paraître a trait aux instruments intérieurs de la ferme. Un chapitre accessoire est relatif aux transports agricoles et le dernier chapitre concerne les instruments de pesage qui servent à l'agriculteur à établir le prix de revient de son exploitation.

M. LE PRÉSIDENT, après avoir remercié M. Tresca d'avoir bien voulu présenter son intéressant ouvrage, donne la parole à M. Garnier pour sa communication sur *les Mines d'or du Transvaal et leur genèse*.

M. Jules GARNIER commence par expliquer que le Sud de l'Afrique, de Cape-Town au Mashonaland, se compose d'assises successives des couches sédimentaires des terrains siluriens, dévoniens et carbonifères, le tout reposant sur du granit et renfermant l'or et le diamant. Au-dessus vient, à stratification discordante, la formation du karoo, presque horizontale de 300 *m* d'épaisseur, contenant la houille. Comme les assises les plus anciennes ont une puissance énorme, il ne paraît pas possible d'admettre qu'elles se sont déposées horizontalement puis qu'elles se soient ensuite relevées comme on les trouve aujourd'hui, sous des actions mécaniques. M. Jules Garnier admet donc que de vastes amas de montagnes aujourd'hui disparus ont, à la longue, comblé de leurs débris des dépressions granitiques alors remplies d'eaux chargées de sels d'or en dissolution : ces couches se sont donc déposées sous un angle parfois assez fort et qui n'a varié que dans certains cas particuliers. Les éléments déposés par un courant d'eau sont à peu près d'égale grosseur pour une vitesse d'eau donnée, ainsi : un courant de 1 *m* par seconde dépose des galets de 5 *cm* de diamètre, mais leurs interstices se remplissent, sous l'action du frottement, par des vases, des débris de charbon et d'organismes divers qui forment autant de centres de dégagement gazeux par la décomposition des matières organiques; et ce sont ces gaz réducteurs des sels d'or qui ont précipité l'or en même temps qu'ils réduisaient les sulfates de fer et autres métaux et formaient de la pyrite.

Quant aux produits plus légers, atteignant les hautes eaux, on sait qu'ils ne se déposent que très difficilement et lorsque les eaux sont parfaitement immobiles, c'est-à-dire à des profondeurs égales à trois cent cinquante fois la hauteur des vagues; les grandes profondeurs en avant des dépôts de conglomérats et schistes se remplissaient donc d'épaisses masses vaseuses mélangées de fragments de charbon, légers eux-mêmes. Il se trouva que deux de ces grands courants d'eaux qui comblaient ainsi ces océans arrivaient à faire rejoindre leurs estuaires; sous la pression

du poids énorme des masses composant ces estuaires, la vase s'élevait entre les deux estuaires, poussée par une force qui n'était pas moindre de 1 000 *atm* pour une profondeur de 3 500 *m* ; dans ces conditions, le charbon contenu dans ces masses de vases refoulées vers la surface pouvait se changer en diamants que nous exploitons aujourd'hui. M. Jules Garnier donne ensuite quelques considérations sur les indices de richesses des couches en or d'après la grosseur de leurs éléments, leur épaisseur, etc. Il montre aussi que ces couches peuvent atteindre en profondeur un immense développement. La théorie de M. Jules Garnier en ce qui concerne la précipitation de l'or, est admise aujourd'hui d'après des lettres qu'il a récemment reçues du Transvaal où la Société Géologique a discuté sa théorie. Enfin, M. Garnier montre de nombreux échantillons géologiques du Transvaal recueillis par son fils, M. P. Garnier, au cours d'une exploration d'une année qu'il vient de faire dans l'Afrique du Sud en compagnie de l'Ingénieur Wurzberger.

M. LE PRÉSIDENT, après l'exposé très intéressant qui vient d'être fait par M. Garnier sur la formation des gisements d'or, demande si quelqu'un a des observations à présenter.

M. A. BRÜLL dit que ce ne sont pas des objections qu'il prétend opposer aux hypothèses si brillamment présentées par M. Garnier. Il désirerait seulement avoir quelques explications sur deux points qui lui ont paru importants.

Le premier a trait à la théorie exposée par M. Garnier sur les dépôts considérables du Transvaal, qui n'est pas d'accord avec celle admise jusqu'à présent. D'après M. Garnier, ces dépôts n'auraient pas été faits sur un fond horizontal ou à peu près horizontal, ayant éprouvé depuis un plissement vertical, mais bien sur la pente même où on les constate, ou suivant une inclinaison à peu près égale. Or, on se trouve en présence, sur une très grande longueur, de pentes variables, très fortes au jour et très faibles à 300 *m* de profondeur; comment admettre, avec l'hypothèse de M. Garnier, que l'on puisse trouver au jour, c'est-à-dire sur une pente presque verticale, des conglomérats aussi gros que ceux que l'on découvre au fond du gisement, où la pente est presque nulle.

Le second point se rapporte à l'épaisseur de 3 *km* environ que M. Garnier paraît attribuer comme limite à la découverte de l'or. Au point de vue pratique, cette question n'a pas grand intérêt, attendu qu'on ne peut atteindre actuellement des profondeurs de plus de 1 200 *m*, mais elle mérite d'être étudiée au point de vue géologique. M. Garnier a pris pour point de départ un certain coefficient de hauteur supposée des vagues pour déterminer la profondeur de 3000 *m* à laquelle la vase très fine pouvait se déposer. Mais, puisque l'or se trouve dans des conglomérats généralement gros, rien ne s'oppose à ce que des galets assez gros se déposent à des profondeurs plus fortes. En quoi la présence de la vase est-elle nécessaire? La présence de matières organiques réductrices dans les cours d'eau peut amener la réduction des sels métalliques de cuivre et des sels d'or qui les accompagnent, de sorte qu'on ne voit pas de motif pour limiter la profondeur. Ces matières peuvent être exclusivement végétales.

M. Brüll ne croit pas qu'il existe un seul versant, mais bien qu'on se trouve en face d'un fond de bateau, comme l'a expliqué M. de Launay.

M. Brüll suppose que l'on trouvera des gisements précieux sur le versant sud, et il estime que rien n'empêche que des recherches utiles puissent être faites du côté de l'est.

M. Garnier répond qu'il s'est sans doute mal expliqué en ce qui concerne l'inclinaison qui, dans son esprit, est limitée à 40°. Les inclinaisons supérieures à 40° se sont produites après coup. Les matières argileuses ont pu, par la compression, être repoussées à la partie supérieure du gisement, de façon à amener l'inclinaison actuelle. C'est l'explication que M. Garnier a cherché à établir, et il la donne pour ce qu'elle peut valoir.

En ce qui concerne la profondeur limitée par la vase, M. Garnier est de l'avis de M. Brüll, mais M. Garnier ne peut admettre l'hypothèse du fond de bateau, et il estime que les géologues ne seront parfaitement d'accord sur ce point que du jour où des travaux et des sondages auront démontré quelle est celle des deux théories qui est la vraie.

M. H. Couriot croit devoir faire observer que les échantillons de conglomérats aurifères que M. J. Garnier a mis sous les yeux des membres de la Société sont constitués par des galets *anguleux*, empâtés dans un ciment siliceux ; la forme aplatie de ces galets et les angles peu émoussés qu'ils offrent lui font croire que le charriage des éléments constituants des conglomérats a été fort peu prolongé, et que ceux-ci sont surtout le résultat des mouvements oscillatoires des vagues.

La présence, dans la pâte qui soude les galets, de grains arrondis de pyrite de fer, dont la grande friabilité est bien connue, accuse également le peu d'importance des mouvements de transport, et permet de supposer que le dépôt aurifère s'est constitué dans une mer dont on peut espérer trouver, un jour, l'autre rivage, ce qui, si la minéralisation s'y reproduisait dans les mêmes conditions, accroîtrait dans une proportion considérable l'avenir et les richesses déjà découvertes au Transvaal.

M. Garnier répond qu'il n'a pas dit que les pyrites étaient transportées en même temps que les galets, car, par le fait, elles ne sont pas transportables. M. Garnier a parlé du transport des pyrites dans les bassins secondaires seulement.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président remercie vivement M. Garnier de sa communication, qui, si elle soulève diverses objections, n'en est pas moins très intéressante.

M. le Président donne la parole à M. R. Le Brun pour sa communication sur *le Projet du Canal du Rhône à Marseille* (suite à la communication de M. Hauet).

M. R. Le Brun décrit le canal de Marseille au Rhône d'après le projet de l'administration. Il fait observer que le débouché du canal est au Bras-Mort, en plein désert, et qu'il conviendrait, pour sauvegarder tous les intérêts de la région, aussi bien que du pays tout entier, de le faire aboutir à Saint-Louis, comme le demande la Compagnie de navigation.

ce qui permettrait d'utiliser les installations existantes en économisant 5 millions.

M. Le Brun donne ensuite le détail des résultats acquis par les travaux du Rhône, et reproduit les dires du directeur de la Compagnie générale de navigation devant la Commission parlementaire, desquels il résulte que la moyenne de la durée des transports par le Rhône-Saint-Louis et la mer, entre Lyon et Marseille, est de cinq jours, que le délai le plus court a été de trois jours, le plus long de douze jours, que l'économie maximum par tonne qui pourrait résulter ne dépasserait pas 0,40 *f* à 0,50 *f*. Mais, à son avis, il y a lieu d'en déduire les nouvelles taxes, ce qui réduirait à 0,20 ou 0,25 les économies.

En face de ce résultat médiocre, il y a lieu de se demander s'il est sage d'engager, dès à présent, des dépenses s'élevant, d'après les devis, à 80 millions, mais qu'il est prudent d'estimer à 100 millions.

Étudiant les conditions actuelles de la navigation maritime, on reconnaît que le fret de l'Extrême-Orient sur Anvers et Marseille est à peu près égal, et que c'est sur ces bases qu'il faut étudier les rayons d'action de ces deux ports. Or, en prenant les tarifs sur lesquels comptent les auteurs du projet, la séparation de ces zones sur les voies navigables est dans les environs de Chalon-sur-Saône, et, par suite, les marchandises amenées par les canaux de Bourgogne ou de la Saône au Rhin à Saint-Jean-de-Losne ont avantage à se diriger sur Anvers au lieu de prendre la route de Marseille.

Pour que la navigation pût compter sur le trafic de la Saône méridionale passant par Lyon, il faudrait qu'elle pût entrer dans les combinaisons des tarifs spéciaux avec les chemins de fer, et que les ports fluviaux fussent mieux aménagés; il est difficile de supposer que le P.-L.-M. entre dans cette voie, et il est probable, au contraire, qu'il continuera la lutte des tarifs.

Enfin, les relevés de la navigation maritime font ressortir que c'est à peine si nous nous maintenons comme nombre de navires et comme tonnage, par suite, qu'il paraît difficile que Marseille attire de nouvelles sources de trafic si elle se désintéresse de l'armement.

Comme conclusion, M. Le Brun pense que le canal projeté ne donne pas, sur l'état de choses actuel, d'avantages assez sérieux pour motiver une dépense de 80 à 100 millions, et qu'il serait beaucoup plus utile de perfectionner notre outillage, d'améliorer nos règlements, de diminuer nos péages pour attirer chez nous la clientèle, et surtout d'encourager la construction et l'armement des navires pour regagner le rang que nous avons perdu.

M. E. Badois demande si le tunnel à percer entre l'étang de Berre et Marseille offrirait toute espèce de garantie, en raison même des terrains fissurés qu'il traverserait.

M. le Président répond que le percement du tunnel de la Compagnie du chemin de fer de P.-L.-M. a donné autrefois de sérieuses difficultés.

M. J. Fleury estime que le plus sage est de dire que c'est tout au plus dans un avenir lointain qu'il pourra être nécessaire de faire une dépense aussi considérable pour la réunion de Marseille au Rhône.

Marseille n'a pas le Rhône et, d'un autre côté, Saint-Louis a le Rhône sans avoir les grandes installations de Marseille. Il pourrait y avoir entente.

La distance de Marseille à Saint-Louis du Rhône est comparable à celle du pont de Londres à Tilbury-Docks. Si un chemin de fer direct reliait Saint-Louis à la Joliette, le commerce marseillais pourrait faire une partie de ses opérations à Saint-Louis, à Bouc et à Martigues sur l'Étang de Berre qu'il serait facile et peu coûteux d'ouvrir à la navigation, en améliorant le canal de Bouc à Martigues.

L'usage du Rhône sera, d'ailleurs, toujours limité à cause de la rapidité de son cours. Pour se prononcer sur sa valeur économique, il faut attendre les résultats des essais de touage qui sont sur le point d'être entrepris par divers de nos Collègues.

M. Fleury fait aussi remarquer qu'il est proposé de pourvoir aux annuités de l'emprunt destiné aux travaux du canal, au moyen d'une taxe prélevée sur les marchandises importées ou exportées par le port de Marseille. Il serait plus équitable de ne faire porter de taxe que sur les seuls usagers du canal.

M. Carimantrand estime que, contrairement à ce qu'a dit M. Le Brun, il ne serait pas nécessaire d'établir des ports fluviaux à Marseille pour recevoir les bateaux du Rhône. Au Havre, par exemple, les bateaux arrivent au canal de Tancarville, et on y voit tous les jours des bateaux qui viennent du Nord, dans le port de Rouen on voit également les péniches et autres bateaux fluviaux circuler concurremment avec les navires et y opérer côte à côte le transbordement des marchandises.

M. le Président dit que les bassins de Marseille sont plus vastes et que le mistral y sévit fréquemment.

M. Carimantrand fait remarquer que l'étang de Berre est un port de refuge important, appelé probablement à un grand avenir militaire et commercial, et il demande si les digues qui serviront à protéger le canal dans sa traversée du petit bras qui relie l'étang de Berre à la mer ne seront pas un obstacle.

M. le Brun répond qu'il n'y a pas de digues dans cette partie.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président remercie M. Le Brun de son intéressante communication.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'adsion de MM. F. Barade, Ch.-E. Belleroche, J.-P.-M. Bernard, A.-L. Boissonnas, A. Brandt, M. Chéronnet, J.-F. Friès, M.-M.-E. Gauthey, L.-A. Gonin, P. Guédon, G.-J. Harten, L.-H. Jacoupy, L.-H. Jarre, W. de Kouharski, A.-Ch. Kréglinger, C. Lopez-Montes, A.-J.-G. Matthéi, M. Michel-Schmidt, Armand Moreau, E. Pantz, E. Péron, L. Serpollet, A. Urban, J.-C. Urban, G.-D. Wherlin, T. Weindl, F. Weustenraad, D. Wourgaft, A.-E. Ziffer, F. Chaix, G. Filleul-Brohy, A. Leconte, H.-M. Maire, G.-L. Margaine, P. Baucher, A.-F. Imber, Ch. Michel, comme Membres Sociétaires et de

MM. G. Aubert, E.-A. Bréhier, L. Grandin, A.-R. Grosdidier,

A. Jacquin, F.-A. Lefaure, E. Spruyt, P.-M.-A. Urban et E. Walrand comme Membres Associés.

MM. J.-A. Boyer. Ch. Dollfus-Galline, G.-A. Grangé, A.-J. Meyer-May, C.-M.-J. Nicolet, A.-M.-E. Perrier de la Bâthie, P. Schneider, H.-A.-O.-C. Savornin, M. Sohm, E.-Ch. Buxtorf, L.-H. Despeissis, J.-B. Mazetier, L.-H.-E.-M. Lambert sont reçus comme Membres Sociétaires et

M. L. Marie comme Membre Associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 MARS 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. É. CORNUAULT demande que la discussion relative à la question du canal du Rhône à Marseille, traitée par notre Collègue M. R. Le Brun, dans la dernière séance, ne soit pas définitivement close. La Chambre de Commerce de Marseille, le département des Bouches-du-Rhône, et la ville de Marseille engagent 40 millions dans cette entreprise et il semble à M. Cornuault que la discussion n'a été ni complète, ni contradictoire.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que la discussion avait été annoncée d'avance et que rien ne s'opposait à ce que des opinions diverses fussent émises. Les observations qu'il a présentées lui-même ne sont pas des objections; il a fait remarquer que le canal aboutirait à un fleuve de navigation chère et difficile; il est partisan d'un projet plus vaste. Dans tous les cas, la discussion pourra être ouverte de nouveau, car la question est, en effet, très importante.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. Abernethy, James, Membre de la Société depuis 1879, a été ingénieur de plusieurs docks et entrepôts en Angleterre, puis ingénieur au canal de Cavour et au chemin de fer de Turin à Savona, a été Président de l'Institution of Civil Engineers.

M. Schmerber, J.-J., Membre de la Société depuis 1849, a été constructeur de machines et fabricant de ferronnerie, maire de Tagolsheim et membre de la Chambre de Commerce de Mulhouse.

M. Gibon, Alexandre, Membre de la Société depuis 1858, a été Directeur des Forges de Commentry, ingénieur-conseil de la Compagnie

de Châtillon-Commentry, Président de la Société d'Économie sociale, a été, à plusieurs reprises, délégué de la Société au Congrès des Sociétés savantes, où il a présenté différents mémoires relatifs aux salaires et à l'organisation de caisses de retraites en faveur des ouvriers mineurs, chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Albert-Eugène Simon a été nommé chevalier du Mérite Agricole.

La Société a reçu plusieurs dons volontaires :

M. G. Filleul-Brohy a donné 500 *f*, M. E. Gauthey, 200 *f*, M. A.-R. Grosdidier, 140 *f*, M. L.-A. Gonin, 25 *f*, et M. E.-A. Ziffer, 20 *f*.

M. LE PRÉSIDENT remercie, au nom de la Société, ces généreux donateurs.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante, relative à la construction du nouvel Hôtel de la Société.

» Paris, le 19 mars 1896.

» MONSIEUR MOLINOS,

» Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« Nous avons l'honneur de vous informer qu'en réponse à la communication que vous avez bien voulu nous faire,

» La Société des Manufactures de Glaces et Produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey;

» La Société des Glaces et Verres spéciaux du Nord, à Jeumont;

» Et la Société des Verreries et Manufactures de glaces d'Anichie;

» Ont décidé d'offrir collectivement et gratuitement, à la Société des Ingénieurs Civils de France, les glaces nues ou argentées, nécessaires à la construction de son nouvel Hôtel.

» Nous sommes heureux de donner ce témoignage de sympathie à la Société des Ingénieurs Civils de France et à son éminent Président.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de notre considération très distinguée.

» *Par procuration des Administrateurs*
de la Société de Saint-Gobain, Chauny et Cirey,
Le Directeur Général,
Al. BIVER.

» *Pour la Compagnie des Glaces et Verres spéciaux du Nord,*
Le Directeur-Gérant,
G. DESPRET.

» *Pour la Société Anonyme des Verreries et Manufactures*
de Glaces d'Aniche.
L'Ingénieur, Directeur-Gérant,
DESMAISONS. »

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il est certainement l'interprète de toute la Société en remerciant vivement MM. Biver, G. Despret et Desmaisons de ces dons. *(Applaudissements unanimes.)*

La Société a reçu un certain nombre d'ouvrages dont on trouvera la nomenclature à la fin du présent procès-verbal.

M. le Président signale plus particulièrement l'ouvrage de M. Estaunié, sur les *Sources de l'énergie électrique*, qui a été offert par notre Collègue, M. P. Lefèvre.

On y trouvera des indications pratiques très précises.

M. le Président informe la Société qu'un concours doit avoir lieu le 16 mai prochain pour l'emploi d'Ingénieur chargé des travaux à l'École des Arts et Métiers de Châlons. Le programme du concours est joint à la lettre que nous a adressée à ce sujet le Ministère du Commerce.

Les membres de la Société intéressés pourront en prendre connaissance au Secrétariat.

En outre, M. Ch. Verrier, membre correspondant de la Société à Bordeaux, a fait connaître qu'il lui était demandé un Ingénieur pour faire les sondages des fleuves du Sénégal. Les appointements seraient de 1 200 à 1 500 *f* par mois, dépenses payées. Cette situation pourrait convenir à un Ingénieur qui ne craindrait pas de faire une tournée dans ces pays un peu chauds, mais fort intéressants. M. Verrier fournira volontiers tous les renseignements qui lui seraient demandés par les membres de la Société.

M. le Président donne la parole à M. Léon Appert pour la présentation d'un livre qu'il veut bien offrir à la Société.

M. Léon Appert présente à la Société une brochure ayant pour titre : *Note sur les verres des vitraux anciens*. Il rappelle tout d'abord le rôle important qu'ont joué dans la décoration des monuments religieux, dès les premiers temps du christianisme, les vitraux formés de verres colorés, juxtaposés et assemblés entre eux, sous forme d'images lumineuses, si bien faites pour frapper l'imagination et les yeux de ceux appelés à les fréquenter.

Cette note qui résume les observations faites pendant un grand nombre d'années sur des verres des vitraux des XII^e^, XIII^e^ et XVI^e^ siècles qui nous ont été conservés, est précédée d'un historique de l'art de la peinture sur verre qui a paru indispensable pour sa compréhension.

Il appelle l'attention des membres de la Société sur la coloration de ces verres si puissante et si harmonieuse; il insiste, sur l'état de conservation remarquable de la plupart de ces verres qui, cependant, ont été soumis pendant sept et huit cents ans aux causes d'altération les plus diverses.

Les très intéressants essais analytiques et synthétiques qu'il en a faits ont décelé dans leur composition la présence constante de l'*alumine* et de l'*oxyde de fer*, corps dont on cherche à éviter la présence dans la composition des verres de fabrication moderne.

Ce dernier élément a exercé son influence au point de vue seul de la coloration : les verres anciens sont, en effet, toujours colorés, sans excepter même ceux considérés comme blancs.

Quant à l'alumine, son influence s'est fait puissamment sentir en donnant des verres de composition quaternaire, doués de qualités de résistance et d'inaltérabilité exceptionnelles.

S'appuyant sur des observations déjà présentées à la Société, dans un travail fait en collaboration avec MM. Fouqué et Henrivaux *sur les défauts du verre*, M. Appert résume de la façon suivante le rôle que joue l'alumine dans les verres et signale les avantages que présente son emploi :

» 1° L'introduction de l'alumine dans les verres empêche et, tout au moins, retarde la dévitrification qui tend toujours à se produire, par suite d'un abaissement lent et répété de la température ;

» 2° La présence de l'alumine dans un verre permet de remplacer sans inconvénient et, au contraire, avec avantage, une partie de la base alcaline, soude ou potasse, par une quantité équivalente de chaux. Le verre, ainsi modifié dans sa composition, est plus solide, moins altérable et plus élastique ;

» 3° L'alumine peut être substituée à la silice, sans inconvénient, dans une proportion ne dépassant pas 7 à 8 0/0. La fusibilité du verre en est légèrement augmentée, sa malléabilité n'en est pas sensiblement diminuée ;

» 4° Le seul inconvénient que peut amener l'emploi de l'alumine pour les verres incolores réside dans l'augmentation de coloration qu'elle peut leur procurer : Cette coloration résulte, non de la présence de l'alumine elle-même, mais de son action sur l'oxyde de fer, contenu toujours à l'état d'impureté, qu'elle tend à faire passer au minimum.

» En résumé, l'emploi de l'alumine qui, seule, permet l'introduction, dans les verres à bouteilles, de fortes proportions de bases terreuses, doit être étendu également aux verres destinés à d'autres usages, tels que les verres à glaces, les verres à vitre et principalement les verres de gobeleterie. Les qualités de ces verres n'en seront qu'améliorées.

» L'introduction de l'alumine peut être faite avantageusement, dans ce cas, par des argiles pures ou, de préférence, par des feldspaths qu'on trouve à bas prix. On devra choisir en même temps des matières premières les plus pures possible parmi celles destinées à fournir la silice, la soude et la chaux. »

M. Léon Appert a pensé que la Société prendrait quelque intérêt à cette étude, dans laquelle sont rappelées les traditions séculaires dont l'observation fidèle à travers les âges nous a donné la possibilité de contempler et d'admirer les œuvres si remarquables de nos ancêtres.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a parcouru la brochure de M. Appert et qu'il a été surpris de la somme énorme de travail, de recherches archéologiques et chimiques qu'elle renferme. Il remercie M. Appert d'avoir bien voulu présenter ce volume.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. L. Baclé, qui a bien voulu se charger de faire, au nom de M. Ch. Frémont, une communication sur *le Poinçonnage et le cisaillement des métaux*.

Cette communication a été insérée dans le *Bulletin* de janvier dernier.

M. L. BACLÉ insiste en terminant sur l'importance des recherches poursuivies et le grand intérêt des résultats obtenus par M. Frémont dans une question si difficile, dont la solution honore grandement le Génie Civil français.

M. F. Chaudy fait remarquer qu'il y a une conclusion à tirer du travail de M. Frémont, qu'il n'a pas trouvée dans le mémoire de celui-ci. Il est établi que, pour le fer à structure fibreuse, les opérations industrielles de poinçonnage et de cisaillement ne sont pas des phénomènes de *glissement pur*. Or, les traités de résistance des matériaux, en donnant le « coefficient de rupture au cisaillement », prétendent donner ce qu'il faudrait appeler le *coefficient de rupture au glissement transversal*. Il est donc bien probable que le chiffre de 35 *kg* indiqué dans ces traités ne représente pas la valeur exacte de ce coefficient de glissement, puisque les expériences faites en vue de le déterminer sont, d'après M. Frémont, des expériences de traction indirecte, et non pas de glissement.

M. Frémont a déterminé le coefficient de rupture au cisaillement et a fixé sa valeur aux soixante-dix centièmes de celle du coefficient de rupture à la traction. Cependant, il ne nous a pas montré de diagrammes permettant de constater la constance de ce rapport 7/10, *quel que soit le diamètre des poinçons* opérant sur une épaisseur constante de même métal, ce diamètre fût-il infini, comme c'est le cas dans le cisaillement proprement dit.

M. Chaudy demande quelles précautions il faudrait prendre, dans un *essai scientifique*, pour déterminer cet autre intéressant coefficient, qu'il appelle coefficient de rupture au glissement transversal. Pour produire ce glissement, il pense qu'il suffirait peut-être de serrer fortement les mises entre la matrice et une *contre-matrice* et aussi entre deux contre-poinçons et un *contre-poinçon*. Ce serrage pourrait empêcher le métal de s'étirer et l'obligerait à glisser, ce qui permettrait de déterminer le coefficient cherché. Quoiqu'il en soit, il apparait aujourd'hui qu'il faut rechercher et étudier comment on pourra réaliser le glissement transversal vrai pour pouvoir fixer complètement les règles à suivre d'une méthode d'essai qui doit comprendre principalement la traction, la compression, le cisaillement, le glissement transversal, et enfin la flexion.

M. Chaudy demande en deuxième lieu si MM. Frémont et Baclé se sont préoccupés de savoir si le poinçonnage et le cisaillement industriels d'un métal à structure cristalline, d'un métal à résistance homogène, étaient aussi des phénomènes de traction et non pas de glissement.

M. Baclé répond qu'en ce qui concerne le glissement, M. Frémont et lui se proposent de poursuivre les essais, ce qui leur permettra sans doute d'obtenir le renseignement demandé. Pour répondre à la deuxième question de M. Chaudy, M. Baclé dit que le cisaillement est bien un phénomène de traction, et que des expériences ont été faites sur l'acier.

M. L. Rey, en réponse à la demande de M. Chaudy, relative au coefficient de cisaillement, renvoie à la page 114 du travail de M. Frémont, où la question lui parait suffisamment développée. M. Rey demande si le renseignement concernant le coefficient de cisaillement de 0,70 résulte d'un grand nombre d'expériences ou est simplement une appréciation.

M. Baclé dit que ce coefficient résulte en effet de nombreuses expériences, mais qu'il y aurait cependant lieu d'en augmenter encore le nombre.

M. Chaudy croit que M. Rey n'a pas bien saisi sa question. M. Chaudy a demandé la détermination du coefficient de glissement vrai. Celui trouvé par M. Frémont a trait au glissement pratique, qui est, en somme, un phénomène de traction. M. Chaudy ajoute qu'il est probable que le coefficient de M. Frémont n'est pas constant. De là l'intérêt qu'il y aurait à rechercher le coefficient de glissement qui, lui, doit être le même quel que soit le diamètre du poinçon.

M. le Président remercie vivement M. Baclé et donne la parole à M. P. Regnard pour quelques observations qui ont trait au même sujet.

M. P. Regnard dit qu'il a lu avec le plus vif intérêt le mémoire de M. Frémont, et que cette lecture le porte à exprimer un regret : celui de ne pas trouver au *Bulletin* la description du dynamomètre employé et imaginé par notre Collègue, description pourtant annoncée à la page 61 du *Bulletin*, comme devant faire suite au mémoire. Il espère que M. le Président voudra bien prier M. Frémont de combler cette lacune, en apportant incessamment à la Société une communication spéciale sur cet appareil, susceptible d'applications nombreuses et variées.

L'application à l'essai des matériaux de la méthode décrite par M. Frémont, semble susceptible de fournir avec autant de rapidité que d'économie de très utiles renseignements sur la qualité des tôles de fer et d'acier, surtout si on trace les diagrammes du travail de poinçonnage dans des conditions comparables, en employant toujours un même diamètre pour le poinçon, une même matrice, et autant que possible une même machine à poinçonner.

Il serait facile de corroborer par un essai de ce genre tout essai à la traction effectué dans les ateliers qui pratiquent journellement ces sortes d'épreuves du métal, et de vérifier ainsi la constance du coefficient exprimant le rapport entre le travail de résistance à la traction et celui de la résistance au poinçonnage.

M. Regnard présente à cette occasion, quelques remarques sur l'intérêt que peut présenter, à ce même point de vue de l'essai de qualité des métaux, le procédé de sciage dont il s'occupe depuis plusieurs années. Sans insister sur les applications si variées et tous les jours plus nombreuses de ce moyen relativement nouveau de travailler le métal, il fait remarquer que les progrès du sciage sont corrélatifs de ceux de la sidérurgie moderne, et surtout de l'obtention du métal homogène, acier doux et extradoux. Ce métal se prête admirablement bien, en effet, au débitage à la scie, même pour de très fortes épaisseurs, tandis que le fer obtenu par les anciens procédés est pratiquement très désavantageux à travailler de cette façon, en raison de la quantité de petits grains durs de scorie dont il est rempli.

Mais l'acier extradoux lui-même n'est pas toujours exempt de défauts, et c'est en travaillant de grandes quantités de tôles de cette nature, que M. Regnard a été conduit à remarquer ces défauts, particulièrement graves, par exemple, quand il s'agit de tôles de chaudières exposées à des coups de feu, et à préconiser le sciage comme un moyen simple et pratique de vérifier sur l'about des feuilles, l'homogénéité absolue du métal et l'absence de doublages. Il présente à l'appui de cette opinion, un

grand nombre de spécimens de coupes prises sur des tôles d'acier doux, depuis 3 *mm* jusqu'à 30 *mm* d'épaisseur et présentant des défauts qui proviennent, soit de retassures de lingots insuffisamment affranchis avant le laminage, soit de laitier emprisonné.

D'autres échantillons mettent en évidence l'effet nuisible du cisaillage sur des tôles de forte épaisseur, l'écrouissage du métal et sa fragilité consécutive; enfin le sciage des tôles met fréquemment en évidence l'importance des tensions moléculaires intérieures.

M. Regnard, en soumettant ces échantillons à la Société, pense que certains de ses Collègues verront quelque intérêt à faire de nouvelles recherches à ce sujet, et se met à la disposition de ceux que cette question pourrait intéresser plus particulièrement.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Regnard des observations intéressantes qu'il a présentées, et donne la parole à M. J. Carpentier pour sa communication sur les *Rayons Rœntgen*.

La communication de M. J. Carpentier sera insérée au *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il est certainement l'interprète des sentiments unanimes de l'assemblée, en remerciant chaudement M. Carpentier de la conférence qu'il vient de faire avec une si haute compétente, et qui a captivé tout l'auditoire. Les applaudissements qu'il vient d'entendre témoignent d'ailleurs de l'intérêt avec lequel il a été écouté.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P.-G.-V. Baustert, E.-M. Besson, F.-E. Biehler, E. Bonnet, R.-H. Brandon, H.-E. Breuillé, C.-L. Buart, L.-J.-A. Gobert, E. Javaux, P.-M. Mailly, H.-L.-D. Mariolle, L.-Ch.-E. Meyer, L.-F. Nicora, A. Philippe, A. Pourcheiroux, H.-C. Powel, B. Rebourg, E. Rigo, L.-A. Schrœder, A. Véry et G.-H. de Vésine-Larue fils, comme membres Sociétaires, et de

MM. A.-L. Edeline et H. Géliot, comme membres Associés.

MM. F. Barade, P. Baucher, C.-E. Belleroche, J. Bernard, A. Boissonnas, A. Brandt, F. Chaix, M. Chéronnet, G. Filleul-Brohy, J. Friès, E. Gauthey, L. Gonin, P. Guédon, G. Harten, A.-F. Imber, L. Jacoupy, L. Jarre, W. de Kouharski, A.-C. Kréglinger, A. Leconte, C. Lopez-Montes, H. Maire, G. Margaine, A. Matthéi, Ch. Michel, M. Michel-Schmidt, A. Moreau, E. Pantz, E. Péron, L. Serpollet, A. Urban, J.-C. Urban, D. Wehrlin, F. Weustenraad, D. Wourgaft et E. Ziffer, sont reçus membres Sociétaires, et

MM. E. Bréhier, L. Grandin, R. Grosdidier, A. Jacquin, F.-A. Lefaure, E. Spruyt, P. Urban et E. Walrand, membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

NOUVEAU TRACÉ

DES

LIGNES D'INFLUENCE DES MOMENTS

DANS UNE

POUTRE CONTINUE DE SECTION CONSTANTE

PAR

M. M.-L. LANGLOIS

CHAPITRE PREMIER. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

§ 1. — Principe fondamental (*).

1. — Détermination graphique des moments produits, en un point quelconque d'une poutre continue de section constante, par une charge concentrée roulant sur cette poutre.

A. — Travées intermédiaires *(fig. 1, Pl. 159)*. — Considérons une section quelconque, B_m, d'une travée intermédiaire également quelconque, $A_{m-1}A_m$.

Supposons qu'une charge concentrée roule sur la poutre continue, et examinons successivement ce qui se passe en B_m, au point de vue des moments de flexion :

(a_1) — quand le mobile parcourt la travée $A_{m-1}A_m$;
(a_2) — lorsqu'il se meut dans les autres travées.

(a_1). — *Moment* M_{B_m}, *quand le mobile parcourt la travée* $A_{m-1}A_m$. Considérons le poids mobile dans la position C_m *(fig. 2, pl. 159)*.

Portons :

$A_{m-1}A'_{m-1}$, égale au moment M_{m-1}, à l'appui A_{m-1};
$A_mA'_m$, — M_m, — A_m.

(*) Voir le *Cours de Mécanique appliquée*, de Bresse; ou mon ouvrage : *Calcul des Constructions métalliques. Guide théorique et pratique*, 2e partie.

Joignons A'_{m-1}, A'_m et menons l'ordonnée $B_mB'_m$, du point B_m.

Traçons la courbe $A_{m-1}C'_mA_m$, représentant les moments qui seraient fournis dans $A_{m-1}A_m$, par la position C_m du poids mobile, si la poutre était sciée en A_{m-1}, A_m, de façon à ne présenter qu'une poutre droite à une seule travée, reposant sur les deux appuis A_{m-1}, A_m.

L'ordonnée $B_mB''_m$ représente ce moment en B_m.

Portons enfin $B_mB'_m$ en B''_mb_m.

La portion d'ordonnée B_mb_m représente le moment de flexion produit en B_m, dans la poutre continue, par la position C_m du poids mobile.

(a_2). — *Moment* M_{B_m}, *quand le mobile se meut dans les travées autres que* $A_{m-1}A_m$. — Considérons le poids mobile dans la position C_{m-1}, ce point appartenant à la travée de gauche, $A_{m-2}A_{m-1}$ (*fig. 3, Pl. 159*).

Portons :

$A_{m-1}A''_{m-1}$, égale au moment M_{m-1}, à l'appui A_{m-1};
$A_mA''_m$, — M_m, — A_m.

Joignons A''_{m-1}, A''_m; et menons l'ordonnée B_mb_m.

Cette ligne représente le moment produit en B_m, dans la poutre continue, par la position C_{m-1} de la charge mobile.

Des tracés semblables donneraient toutes les valeurs que peut prendre le moment M_{B_m}, quand le poids se meut dans les autres travées.

B. — Travées de rives. — Les tracés sont les mêmes qu'à l'article A, étant entendu que les lignes telles que $A'_{m-1}A'_m$, $A''_{m-1}A''_m$ deviennent $A_0A'_1$, $A_0A''_1$; $A_nA'_{n-1}$, $A_nA''_{n-1}$ (*fig. 1, Pl. 159*), puisque les moments aux culées sont nuls.

§ 2. — Application du principe fondamental ci-dessus au tracé des lignes d'influence des moments.

2. — Position de la question.

Dans le tracé des figures 1, 2, 3 (*Pl. 159*), nous avons employé deux sortes de moments :

1° ceux fournis aux appuis par la charge mobile;

2° celui produit dans la section considérée, la poutre étant supposée limitée à la travée contenant cette section.

Or, si l'on trace par les moyens ordinaires : d'une part, les lignes d'influence des moments aux appuis; d'autre part, celle des moments par rapport à la section considérée, dans la travée qui la contient, celle-ci étant supposée indépendante du reste de la poutre ; ces éléments nous permettront de déterminer facilement et rapidement les moments tels que $A_{m-1}A'_{m-1}$, $A_mA'_m$; $A_{m-1}A''_{m-1}$, $A_mA''_m$; $B_mB'_m$, $B_mB''_m$ *(fig. 2 et 3, Pl. 159)*.

On obtiendra donc, de cette manière, le moment cherché, B_mb_m.

Cette façon de procéder constitue la nouvelle méthode que nous allons présenter.

CHAPITRE II. — NOTRE NOUVEAU TRACÉ

§ 3. — Exposé.

Soit *(fig. 4, Pl. 159)* une poutre continue, à trois travées égales.

Par les moyens connus, traçons, en cette figure :

1° la ligne d'influence, $A_0a_1A_1a_2A_2a_3A_3$, des moments à l'appui A_1;

2° la ligne d'influence, $A_0b_1A_1b_2A_2b_3A_3$, des moments à l'appui A_2;

3° les paraboles $A_0c_1A_1$. $A_1c_2A_2$, $A_2c_3A_3$, lieux géométriques des sommets des triangles représentant les lignes d'influence des parties A_0A_1, A_1A_2, A_2A_3, supposées indépendantes.

Ceci fait, proposons-nous de tracer successivement :

A. — Une ligne d'influence relative à une section B_1, de la première travée;

B. — Une ligne semblable, par rapport à une section B_2, de la deuxième travée.

A. — Ligne d'influence des moments par rapport a une section B_1, de la première travée.

a_1. — Ligne d'influence de la première travée.

Fig. 5, Pl. 159, reproduisons :

la ligne d'influence $A_0a_1A_1$ des moments à l'appui A_1, dans la première travée.

la parabole $A_0c_1A_1$ de la travée considérée.

Joignons A_0, D_1; A_1, D_1. Ces droites représenteront la ligne d'influence de la section B_1, dans la travée A_0A_1, supposée indépen-

dante; et, par suite, C_1E_1 sera le moment fourni en B_1, quand le mobile est en C_1, dans la poutre d'une seule travée A_0A_1.

Or, C_1F_1 représente le moment développé à l'appui A_1, dans la poutre continue, par cette position particulière du mobile.

Si donc nous portons $A_1G_1 = C_1F_1$ (horizontale F_1G_1); et si nous joignons A_0, G_1; B_1B_1' représentera le moment correspondant en B_1.

Donc, en portant $E_1O_1 = B_1B_1'$ (parallèles E_1B_1, $B_1'O_1$), nous obtenons le moment C_1O_1, produit par la position C_1 du mobile, dans la section considérée, B_1, de la poutre continue.

Un certain nombre de points de la première travée ayant été traités de la même façon, nous avons obtenu la courbe $A_0d_1A_1$ *(fig. 4, Pl. 159)*.

a_2. — *Ligne d'influence de la deuxième travée.*

Fig. 6, Pl. 159, reproduisons la ligne d'influence $A_1a_2A_2$, de l'appui A_1, dans la travée A_1A_2.

Supposons le mobile en C_2; l'ordonnée C_2F_2 représente le moment à l'appui A_1, correspondant à cette position particulière de la charge roulante.

Portons donc $A_1G_2 = C_2F_2$ (horizontale F_2G_2); et joignons A_0, G_2. L'ordonnée B_1B_1' sera le moment produit en B_1, dans la poutre continue, par la position C_2 du mobile :

Si donc nous portons $C_2O_2 = B_1B_1'$ (horizontale $B_1'O_2$), le point O_2 appartiendra à la courbe cherchée.

Appliquée à un certain nombre de points de la travée A_1A_2, cette méthode nous a fourni la courbe $A_1d_2A_2$ *(fig. 4, Pl. 159)*.

a_3. — *Ligne d'influence de la troisième travée.*

Fig. 7, Pl. 159, reproduisons la ligne d'influence $A_2a_3A_3$, de l'appui A_1, dans la travée A_2A_3, et prenons C_3 comme position du mobile.

Portons : $A_1G_3 = C_3F_3$ (horizontale F_3G_3);
Traçons : A_0G_3;
Portons : $C_3O_3 = B_1B_1'$ (horizontale $B_1'O_3$).

Le point O_3 appartient à la courbe cherchée, qui a été tracée en $A_2d_3A_3$ *(fig. 4, Pl. 159)*.

B. — LIGNE D'INFLUENCE DES MOMENTS PAR RAPPORT A UNE SECTION B_2, DE LA DEUXIÈME TRAVÉE *(fig. 8, Pl. 159)*.

b_1. — Ligne d'influence de la première travée.

Fig. 9, Pl. 159, reproduisons :

les lignes d'influence $A_0a_1A_1$, $A_0b_1A_1$, des appuis A_1, A_2, dans la première travée A_0A_1; et soit C_1 la position du mobile, dans cette partie de la poutre.

Portons : $A_1G_1 = C_1F_1$ (horizontale F_1G_1);

$A_2H_2 = C_1K_1$ (horizontale K_1H_2);

Joignons : G_1, H_2.

L'ordonnée B_2B_2' représente le moment fourni, en la section B_2, par la position C_1 du mobile.

Donc, en prenant $C_1P_1 = B_2B_2'$ (horizontale $B_2'P_1$), le point P_1 appartient à la courbe cherchée, $A_0e_1A_1$ *(fig. 8, Pl. 159)*.

b_2. — Ligne d'influence de la deuxième travée.

Fig. 10, Pl. 159, reproduisons :

la ligne d'influence, $A_1a_2A_2$, de l'appui A_1;

la ligne d'influence, $A_1b_2A_2$, de l'appui A_2;

la parabole $A_1c_2A_2$;

et considérons C_2 comme étant la position du mobile.

Joignons A_1, D_2; D_2, A_2. L'ordonnée C_2I_2 représente le moment qui serait produit en B_2, par le mobile C_2, si la travée A_1A_2 était indépendante.

Portons : $A_1G_1 = C_2F_2$ (horizontale F_2G_1);

$A_2H_2 = C_2K_2$ (horizontale K_2H_2);

Joignons : G_1, H_2.

B_2B_2' représente le moment résultant (en B_2, dans la poutre continue) des moments aux appuis : A_1G_1, A_2H_2.

Portons donc $I_2P_2 = B_2B_2'$ (parallèles B_2I_2, $B_2'P_2$).

Le point P_2 appartient à la courbe cherchée, $A_1e_2A_2$ *(fig. 8, Pl. 159)*.

b_3. — Ligne d'influence de la troisième travée.

Fig. 11, Pl. 159, reproduisons les lignes d'influence $A_2a_3A_3$, $A_2b_3A_3$, des appuis A_1, A_2; et soit C_3 la position du mobile.

Portons : $A_1G_1 = C_3F_3$ (horizontale F_3G_1);
$A_2H_2 = C_3K_3$ (horizontale K_3H_2).

Joignons G_1, H_2.

$B_2B'_2$ représente le moment produit en B_2, dans la poutre continue, par la position C_3 de la charge.

Donc, en portant $C_3P_3 = B_2B'_2$ (horizontale B'_2P_3), le point P_3 appartient à la ligne d'influence cherchée $A_2e_3A_3$ *(fig. 8, Pl. 159)*.

4. — Observations.

1° Le tracé de l'alinéa A indique clairement ce qu'il faudrait faire pour la travée extrême, dont il est dès lors inutile de nous occuper.

2° Le tracé de l'alinéa B s'applique à toutes les travées intermédiaires d'une poutre continue, d'un nombre quelconque de travées.

3° Les tracés des figures 5, 6, 7 ; 9, 10, 11 *(Pl. 159)* peuvent être considérablement simplifiés, puisqu'il n'est pas nécessaire :

de reproduire les paraboles $A_0c_1A_1$, $A_1c_2A_2$, $A_2c_3A_3$, les triangles $A_0D_1A_1$, $A_1D_2A_2$, ... étant seuls nécessaires et pouvant être tracés directement, avec les ordonnées des courbes de la figure 4 *(Pl. 159)* ;

de tracer les horizontales telles que F_1G_1, les points tels que G_1 pouvant être fixés par un simple trait ;

de tracer toutes les droites telles que A_0G_1, les points tels que B'_1 étant seuls intéressants à connaître et pouvant être fixés par un trait, comme précédemment ;

de tracer les parallèles telles que B_1E_1, B'_1O_1, puisqu'on peut obtenir les points tels que O_1 en traçant un petit trait ou en portant $E_1O_1 = B_1B'_1$.

Dans ces conditions, le tracé des lignes d'influence des moments se réduit à bien peu de chose, puisque les figures 5, 6, 7 *(Pl. 159)* deviennent la figure 12 *(Pl. 159)*.

5. — Avantage de notre nouveau tracé.

Il est infiniment plus expéditif que les autres.

La nouvelle méthode que nous proposons est donc appelée à simplifier notablement l'étude des poutres continues de section constante, ou pouvant être considérées comme telles, puisque le tracé des lignes d'influence des moments constitue la partie la plus laborieuse du calcul de ces sortes d'ouvrages.

APPLICATIONS

DE

STATIQUE GRAPHO-ALGÉBRIQUE

PAR

M. F. CHAUDY

Pour arriver à la solution d'un problème, il est indispensable d'effectuer un certain nombre d'opérations secondaires qui constituent les différentes phases de l'analyse. Dans plusieurs recherches sur la résistance des matériaux, que nous avons publiées antérieurement à cette étude, nous avons préconisé l'emploi combiné du calcul graphique et du calcul algébrique, le premier étant réservé aux opérations qui seraient trop longues à traiter algébriquement, c'est-à-dire, généralement, au calcul des déplacements élastiques.

Nous avons ici pour but de montrer comment, en s'inspirant de cette idée, on transformerait en méthodes grapho-algébriques certaines méthodes purement graphiques ou algébriques et relatives au calcul des moments sur piles dans les poutres continues droites, solidaires ou non avec leurs piliers. Nous dirons aussi en quelques mots comment nous entendons le calcul des fermes métalliques à étages. Nous espérons ainsi, en présentant ces exemples, faire ressortir les avantages de simplicité et de clarté qui résultent de l'emploi du calcul graphique dans les seules parties du problème où le calcul algébrique est trop laborieux.

I

Détermination graphique des coefficients des équations des trois et des deux moments.

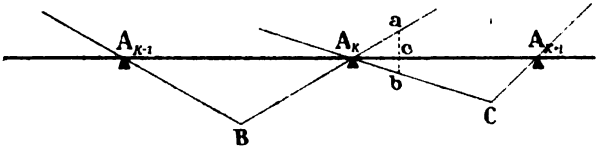
I. — Cas d'une poutre continue non solidaire avec ses piliers.

Considérons, dans une poutre continue que nous supposerons d'abord non solidaire avec ses piliers, deux travées consécutives, $A_{k-1}A_k$, A_kA_{k+1}, soumises à l'action de charges quelconques. Iso-

lons chacune de ces travées, c'est-à-dire regardons-les comme deux poutres droites reposant à leurs extrémités sur des appuis simples. Pour chaque poutre, traçons alors les tangentes $A_{k-1}B$, BA_k d'une part, A_kC, CA_{k+1} de l'autre, aux extrémités des lignes moyennes fléchies *(fig. 1)*. Nous n'avons pas à insister autrement sur ces tracés, puisqu'ils sont connus aussi bien pour les poutres à section variable que pour les poutres à section constante.

Ceci fait, donnons-nous un certain moment fléchissant μ. Il sera représenté par une certaine longueur à la même échelle et pour une même distance polaire que les moments qu'on a dû précédemment tracer. Supposons ce moment μ appliqué d'abord aux extrémités A_k seulement des poutres distinctes $A_{k-1}A_k$, A_kA_{k+1}, de telle manière qu'il tire les fibres supérieures et comprime les fibres inférieures dans les sections considérées. Dans ces condi-

FIG. 1.



Nota A_Kc-A_Kf-A_Ki

FIG. 2.

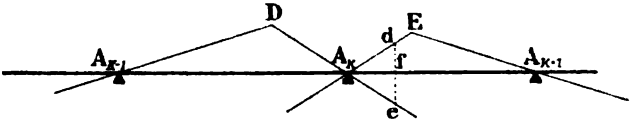
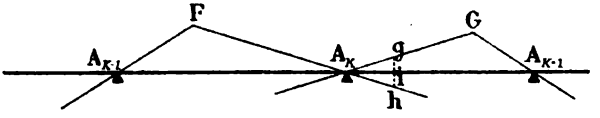


FIG. 3.



tions, traçons, comme plus haut, les tangentes A_kD, DA_{k-1} d'une part, A_kE, EA_{k+1} de l'autre, aux extrémités des lignes moyennes fléchies. Ici les points D et E seront situés sur les verticales passant par les tiers de A_kA_{k-1} et A_kA_{k+1} à partir de A_k *(fig. 2)*.

Enfin, supposons le même moment μ appliqué cette fois aux extrémités A_{k-1} et A_{k+1} des poutres. Les tangentes à tracer seront symétriques des tangentes précédentes par rapport aux axes verticaux passant par les milieux des poutres *(fig. 3)*.

Ceci posé, examinons les conditions à remplir pour établir la continuité de la poutre en A_k.

Il faut, pour que cette continuité ait lieu, que les tangentes en A_k aux deux poutres fléchies $A_{k-1}A_k$, A_kA_{k+1} soient confondues, c'est-à-dire qu'un segment vertical tel que *ab (fig. 1)* soit nul.

Une des causes qui tend à cette annulation est l'application du moment μ_k à chaque extrémité A_k des poutres $A_{k-1}A_k$ et A_kA_{k+1}. La longueur A_kc *(fig. 1)* étant choisie une fois pour toutes, nous prendrons *(fig. 2)* $A_kf = A_kc$, puis nous mènerons le segment vertical *efd*.

L'application du moment μ_k réduira le segment *ab* d'une longueur représentée par :

$$df \times \frac{\mu_k}{\mu} + fe \times \frac{\mu_k}{\mu}.$$

Une deuxième cause de réduction du segment *ab* résulte de l'application du moment μ_{k-1} à l'extrémité A_{k-1} de la poutre $A_{k-1}A_k$ et du moment μ_{k+1} a l'extrémité A_{k+1} de la poutre A_kA_{k+1}. Cette réduction a pour valeur :

$$hi \times \frac{\mu_{k-1}}{\mu} + ig \times \frac{\mu_{k+1}}{\mu}.$$

En définitive, on devra avoir :

$$ab = \left(\frac{hi}{\mu}\right)\mu_{k-1} + \left(\frac{de}{\mu}\right)\mu_k + \left(\frac{ig}{\mu}\right)\mu_{k+1}.$$

C'est l'équation des trois moments dont les coefficients ont été calculés graphiquement.

Recherche des foyers. — Nous pourrions employer la même méthode de recherche que celle que nous venons d'exposer pour étudier ce qui se passe lorsqu'une travée seule de la poutre est chargée, les autres se trouvant entièrement libres. Ce n'est, en effet, qu'un simple cas particulier de charges qui se traiterait en raisonnant absolument comme dans le cas général. Son étude nous conduirait à l'équation des deux moments.

Pour trouver les foyers de droite, il suffirait d'examiner ce qui se passe lorsqu'un moment quelconque μ_0 est appliqué à l'extrémité gauche de la poutre. On déterminerait de la même manière les foyers de gauche en traitant le cas de l'action d'un moment μ_n appliqué à l'extrémité droite de la poutre.

II. — Cas d'une poutre continue solidaire avec ses piliers.

Considérons, dans une poutre continue solidaire avec ses piliers, deux travées consécutives $A_{k-1}A_k$ et A_kA_{k+1} soumises à l'action de charges transversales quelconques. Comme dans le cas de la poutre continue ordinaire, nous isolons chaque travée en les supposant coupées de part et d'autre des piliers qui ont une certaine épaisseur. Ainsi, deux sections μ_k et μ'_k sont écartées d'une

Fig. 4.

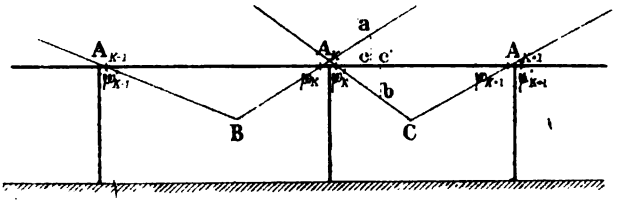


Fig. 5.

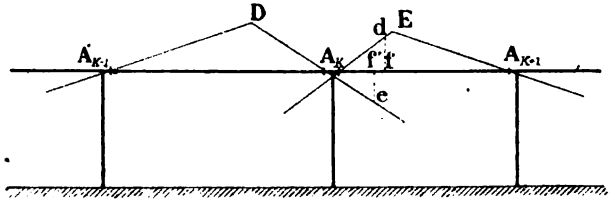


Fig. 6.

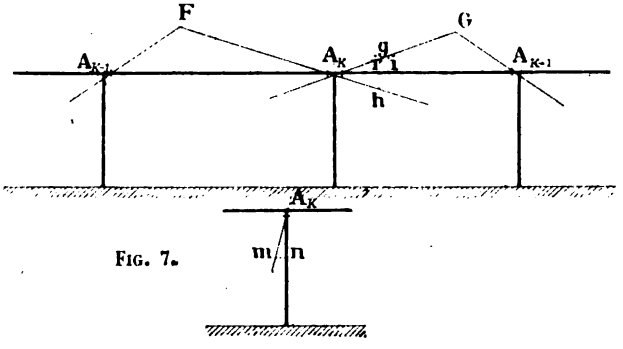


Fig. 7.

longueur égale à l'épaisseur du pilier K. Pour chaque poutre, nous traçons les tangentes aux extrémités des lignes moyennes fléchies. Puis, avec le moment μ que nous nous donnons, nous faisons les

opérations graphiques analogues à celles que nous avons faites précédemment pour la poutre non solidaire avec ses piliers. En résumé, nous obtenons les figures 4, 5 et 6, correspondant aux figures 1, 2 et 3 du cas simple.

En dernier lieu, nous supposons le moment μ appliqué à l'extrémité supérieure d'un pilier, libre ou encastré à sa base, de manière que ce moment comprime les fibres de droite, auquel cas nous le considérons comme positif. L'extrémité supérieure du pilier est d'ailleurs prise au niveau du dessous de la partie horizontale de la poutre. Nous traçons dans ces conditions *(fig. 7)* la tangente au sommet du pilier à la fibre moyenne fléchie de celui-ci.

Ceci posé, il convient de remarquer que les points A_{k-1}, A_k, A_{k+1} ne se déplacent, horizontalement, que de quantités négligeables à côté des déplacements des points intermédiaires des piliers. On peut donc regarder ceux-ci comme des prismes fléchissant en conservant constamment leurs extrémités inférieures et supérieures respectives sur la même verticale.

D'autre part, il faut remarquer encore que les déplacements verticaux des mêmes points sont négligeables à côté des déplacements évalués suivant la même direction des points intermédiaires de la poutre proprement dite.

En d'autres termes, on peut admettre que les points A_{k-1}, A_k, A_{k+1}, etc., conservent leurs positions dans le plan pendant la déformation du système, sous l'action seule des charges. C'est là qu'est la donnée fondamentale de laquelle nous partons pour faire notre calcul. Nous partons également de l'invariabilité des angles formés par la poutre avec ses piliers, conséquence de l'invariabilité, au point de vue élastique, de la hauteur de la poutre droite (*).

Nous devons écrire que les lignes moyennes fléchies des deux travées consécutives considérées restent normales à la ligne moyenne fléchie du pilier A_k.

La première condition nous fournit l'équation suivante :

$$-ac + f'e \times \frac{\mu_k}{\mu} + i'h \times \frac{\mu'_{k-1}}{\mu} = mn \times \frac{\mu'_k - \mu_k}{\mu}.$$

(*) M. E. Laye, Ingénieur des Arts et Manufactures, partant de ces données, a résolu le premier le problème, soit algébriquement, soit graphiquement. Le lecteur pourra se rendre compte qu'en peu de mots nous arrivons, de notre côté, par notre méthode graphoalgébrique, à dire tout ce qui nécessaire et nouveau en même temps.

La deuxième condition nous donne :

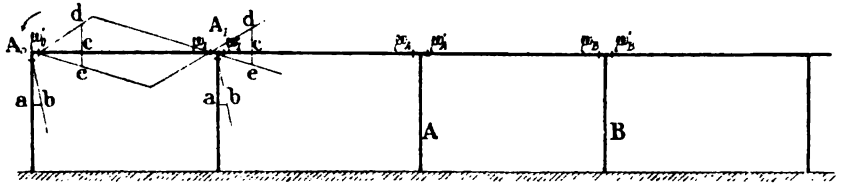
$$cb' - df \times \frac{\mu'_k}{\mu} - gi \times \frac{\mu_{k-1}}{\mu} = mn \times \frac{\mu'_k - \mu_k}{\mu}.$$

Ainsi, nous obtenons deux équations, de trois moments chacune, par pilier. Ces équations, dont les coefficients sont obtenus graphiquement, seront résolues algébriquement. De là le nom de méthode grapho-algébrique.

Recherche des foyers. — Pour trouver les foyers de droite, il suffit d'examiner les effets produits par un moment quelconque μ'_0, appliqué à l'extrémité gauche de la partie horizontale de la poutre *(fig. 8)*.

On trace les tangentes aux extrémités des lignes moyennes, fléchies sous l'action d'un moment μ, donné une fois pour toutes,

FIG. 8.



et agissant successivement aux extrémités de chaque travée et au sommet de chaque pilier.

En exprimant que la poutre reste en A_0 perpendiculaire au pilier, nous obtenons la relation :

$$ab \times \frac{\mu'_0}{\mu} = cd \times \frac{\mu'_0}{\mu} - ce \times \frac{\mu_1}{\mu}$$

ou, en d'autres termes :

$$\frac{\mu'_0}{\mu_1} = \text{constante}.$$

En exprimant, d'autre part, que la travée A_0A_1 reste normale en A_1 au pilier, il vient :

$$ab \times \frac{\mu_1 - \mu'_1}{\mu} = cd \times \frac{\mu_1}{\mu} - ce \times \frac{\mu'_0}{\mu}$$

ou bien, en tenant compte de la relation précédente :

$$\frac{\mu_1}{\mu'_1} = \text{constante}.$$

On continuerait ainsi jusqu'à la droite. Tous ces rapports constants entre deux moments consécutifs définissent les foyers de droite. On définirait de la même manière les foyers de gauche, en étudiant les effets produits par un moment quelconque μ_n, agissant à l'extrémité droite de la poutre.

Considérons le cas où une seule travée, telle que AB, serait chargée, les autres étant complètement libres. On aura d'abord les deux équations :

$$\frac{\mu_A}{\mu_A'} = \text{constante},$$

$$\frac{\mu_B}{\mu_B'} = \text{constante}.$$

On aura ensuite une relation entre μ_A, μ_A' et μ_B exprimant que la travée AB est normale au pilier A ou, plus généralement, que l'angle formé par la travée avec le pilier est indéformable.

Enfin, on aura une quatrième équation entre μ_A', μ_B et μ_B' exprimant que l'angle formé par la travée avec le pilier B s'est conservé pendant la déformation du système.

Ces quatre équations permettent de calculer les moments μ_A, μ_A', μ_B et μ_B'. Les autres moments produits dans la poutre, de part et d'autre des sommets des piliers, s'obtiennent immédiatement en raison de la connaissance des foyers.

Action de la température. — La température a pour effet de déplacer horizontalement les sommets des piliers. Il se produit, en un point A_k, des moments μ_k et μ_k', compatibles avec le déplacement horizontal de A_k et l'invariabilité de l'angle formé par la poutre avec le pilier. Il existe nécessairement un point de la ligne moyenne de la poutre qui ne subit aucun déplacement (*). Ce point, que nous appellerons *centre de dilatation*, est évidemment au milieu de la poutre, dans le cas où tout le système, poutre et piliers, est symétrique par rapport à un axe vertical. Dans le cas de dissymétrie, il est déterminé par l'équation qui exprime que la somme algébrique des poussées est nulle.

Désignons par x l'abscisse de ce centre par rapport à l'origine choisie qui sera, par exemple, l'extrémité gauche de la poutre. Soient, d'autre part, l_{k-1}, l_k, l_{k+1}, etc., les abscisses des points A_{k-1}, A_k, A_{k+1}, etc.

(*) M. E. Laye a, le premier, déterminé algébriquement ou graphiquement la position de ce point ; nous la déterminons grapho-algébriquement par notre méthode des segments.

Considérons un pilier quelconque A_k.

Si δ est le coefficient de dilatation du métal et τ l'augmentation ou la diminution de la température en degrés centigrades, à partir de la température de pose, le déplacement élastique, dû à la température, du point A_k, a pour expression :

$$(x - l_k)\delta\tau.$$

Si la section du sommet du pilier restait horizontale, ce déplacement produirait dans cette section un moment M_k et, à la base du pilier, une poussée Q_k.

On évaluera M_k et, par suite, Q_k de la manière suivante. Avec un moment M qu'on se donne, on calcule graphiquement le déplacement élastique du sommet du pilier, la section du sommet conservant son horizontalité; soit ε ce déplacement. Il s'ensuivra, en vertu du principe de la proportionnalité des effets des forces :

$$M_k = \frac{M(x - l_k)\delta\tau}{\varepsilon}.$$

Mais ce n'est pas le moment M_k qui se produit au sommet du pilier. C'est un moment $M_k - m_k$, et on a :

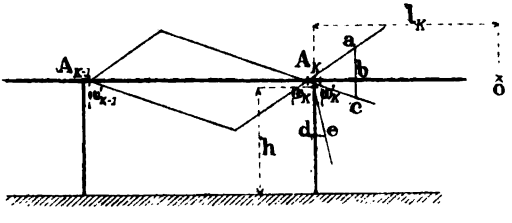
$$M_k - m_k = \mu_k - \mu'_k,$$

d'où :

$$m_k = M_k - (\mu_k - \mu'_k).$$

Or, la tangente au sommet du pilier s'incline sur la verticale sous l'action du moment m_k. Cette tangente doit, d'ailleurs, être perpendiculaire à la tangente à la poutre droite en A_k. Il en résulte, en suivant toujours la méthode grapho-algébrique, qui constitue l'application du principe de la superposition des effets des forces *(fig. 9)* :

FIG. 9.



$$ab \times \frac{\mu_k}{\mu} - bc \times \frac{\mu'_{k-1}}{\mu} = de \times \frac{M_k - (\mu_k - \mu'_k)}{\mu}. \qquad (1)$$

Telle est l'équation générale du problème.

Si un moment M_k, appliqué au sommet du pilier, produit une

reaction horizontale Q_k qu'on recherchera graphiquement, il s'ensuit qu'un moment $\mu_k - \mu'_k$ produit une réaction :

$$q_k = M_k \cdot \frac{\mu_k - \mu'_k}{Q_k},$$

La somme algébrique des poussées q_k doit être nulle. On a donc encore :

$$\sum M_k \frac{\mu_k - \mu'_k}{Q_k} = 0. \qquad (2)$$

Les équations (1), en nombre égal à celui des moments μ_k et μ'_k, jointes à l'équation (2), déterminent les moments μ et le centre de dilatation.

Remarque. — Entre deux moments tels que μ'_{k-1} et μ_k, μ'_k et μ'_{k+1}, etc., il existe la relation déterminant le foyer de la travée dans laquelle aucune force n'agit. Considérons les deux équations du groupe (1) :

$$f(\mu'_{k-1}, \quad \mu_k, \quad \mu'_k, \quad x) = 0,$$

$$\varphi(\mu_k, \quad \mu'_k, \quad \mu_{k+1}, x) = 0.$$

On a les relations :

$$\frac{\mu'_{k-1}}{\mu_k} = \text{constante},$$

$$\frac{\mu'_k}{\mu_{k+1}} = \text{constante}.$$

En éliminant μ'_k et μ_{k+1} entre ces quatre équations, il reste deux équations entre μ_k, μ'_k et x. Si le centre de dilatation est connu *a priori*, ces deux équations donneront immédiatement les moments au sommet du pilier.

II

Sur les fermes métalliques à étages.

Nous annoncions, au commencement de notre note parue dans le bulletin de février 1895, que nous exposerions ultérieurement comment on peut résoudre le problème de la résistance des fermes métalliques à étages. Il s'agit des constructions dont le type le plus simplifié est la ferme sans étage imaginée par de Dion.

Nous supposons qu'on veut compléter ce type en créant un ou

plusieurs étages au moyen de poutres droites placées horizontalement entre les pieds-droits de la ferme. Pour fixer les idées, admettons qu'on prévoit deux étages et représentons figure 1 le schéma de la construction. Les poutres droites *ab* et *cd* qui supporteront les planchers sont encastrées à leurs extrémités dans les pieds-droits de la ferme. On réalisera cet encastrement en contournant vers le haut et vers le bas, suivant des courbes satis-

Fig.1

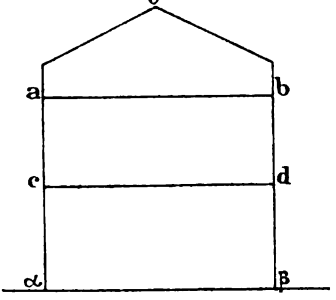
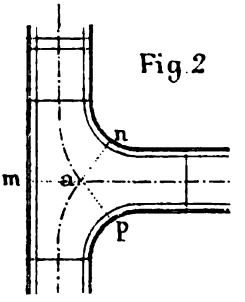


Fig.2



Nota On a am-an-ap

faisantes pour l'œil, les membrures supérieures et inférieures des poutres. Ces membrures se prolongeront ainsi pour former les membrures internes des pieds-droits; on voit cette disposition de détail sur la figure 2.

Avant d'aborder l'exposé de la méthode grapho-algébrique qui tient en peu de mots, nous dirons comment il convient de rechercher l'expression du moment fléchissant dans une section déterminée du pied-droit d'une ferme sans étage, soumise à l'action d'un couple extérieur inconnu X appliqué en un point déterminé de sa ligne moyenne.

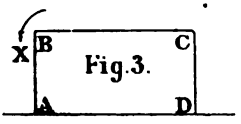


Fig.3.

Soit ABCD l'arc ou ferme sans étage soumis en B à l'action du couple X *(fig. 3)*. Imaginons qu'au lieu de ce couple inconnu ce soit un couple de 100 000, par exemple, qui agisse au même point.

C'est un problème connu, sur lequel nous n'avons pas, par conséquent, à donner de développement, que celui qui consiste à trouver le moment fléchissant qui se produit dans une section quelconque de l'arc, sous l'influence du couple extérieur de 100 000 dont nous venons de parler. Il est pratique de faire ce calcul graphiquement ; soit μ le moment fléchissant calculé dans

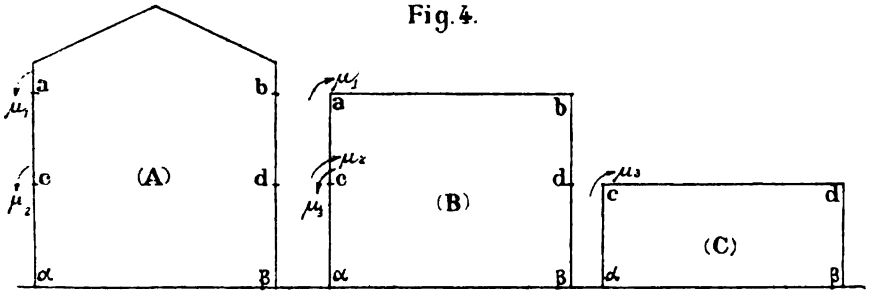
la section B du pied-droit, par exemple. Le moment qui se produira dans la même section sous l'influence de X sera :

$$\frac{\mu X}{100\,000}.$$

Ceci posé, abordons le problème des fermes à étages. Il n'offrait qu'une difficulté résidant dans le choix des sections à faire fictivement dans la construction. On va voir que le choix que nous avons fait éclaire considérablement la question.

On peut décomposer les fermes que nous considérons en plusieurs autres fermes simples, sans étages celles-là, c'est-à-dire en arcs ordinaires. Cette décomposition se fait en coupant les pieds-droits par des plans parallèles au plan de flexion. Ainsi la ferme de la figure 1 se décompose en trois fermes représentées figure 4.

Fig. 4.



Les parties ac et βd de ces arcs sont les tiers des parties représentées par les mêmes lettres sur la figure 1 ; nous entendons ainsi que ces parties présentent des moments d'inertie égaux aux tiers des moments d'inertie correspondants de (1). En outre, les parties *ca* et *db* des arcs (A) et (B) présentent des moments d'inertie égaux aux moitiés des moments d'inertie correspondants de (1).

La séparation des arcs (A) (B) (C) introduit des moments μ_1, μ_2, μ_3 agissant en *a* ou *c* et d'autres moments — égaux aux premiers si, comme nous le supposons, les charges sont symétriques et la construction aussi — agissant en *b* ou *d*. On peut négliger les réactions verticales qui s'introduisent avec les moments, ce qui revient à négliger les effets des compressions longitudinales dans les pieds-droits. Ainsi le problème comporte en pratique trois inconnues qui sont les moments de réaction des arcs les uns sur les autres en leurs points d'attache *a*, *c*, *b* ou *d*. Ces points peuvent être considérés comme les seuls points communs des trois arcs dans la construction blocale, et on peut imaginer que les pieds-

droits sont juxtaposés sans soudure le long de αc ou de ca. Mais si on imagine que la construction est ainsi réalisée, c'est que, sous l'action des moments μ_1, μ_2 et μ_3, il se produit les faits suivants :

1° Egalité du moment fléchissant dans la section c du pied-droit αc de l'arc (C) avec le moment fléchissant dans la section c de l'arc (B). Il est bien entendu qu'il s'agit des moments produits sous l'action des couples extérieurs μ_1, μ_2, μ_3, d'une part, et sous celle des charges ou de la température, d'autre part ;

2° Egalité du moment fléchissant dans la section c du pied-droit αc de l'arc (B) avec le moment fléchissant dans la section c de l'arc (A) ;

3° Egalité du moment fléchissant dans la section a du pied-droit ca de l'arc (B) avec le moment fléchissant dans la section a de l'arc (A).

Si, en effet, ces égalités ont lieu, les flexions des parties αc et ca des arcs seront identiques et ces parties se superposeront alors rigoureusement.

En écrivant ces trois égalités, on aura trois équations du premier degré entre les trois inconnues μ_1, μ_2, μ_3. Ces équations, dont tous les coefficients auront été calculés graphiqnement, seront résolues algébriquement.

La méthode s'étend sans difficulté au cas des fermes à étages et à plusieurs travées.

L'OR ET LE DIAMANT
AU
TRANSVAAL ET AU CAP [1]

PAR

M. Jules GARNIER

AVEC LE CONCOURS DE

M. Pascal GARNIER, explorateur au Transvaal

Les gisements de l'or et du diamant, découverts et exploités, dans le sud de l'Afrique, différaient tellement de ceux que j'avais visités en Australie et en Amérique, que je m'appliquai depuis plusieurs années à les étudier pour expliquer ces faits nouveaux. J'avais déjà, en 1891 (2), à la suite d'un voyage d'étude dans l'Amérique du nord, considéré que le cuivre natif du Lac Supérieur avait été précipité d'une solution de sulfate de cuivre sous l'influence de matières organiques en décomposition et que ce cuivre, à mesure qu'il se formait, venait se mélanger aux matières minérales que les fleuves charriaient dans un lac contenant la solution de cuivre; de là formation de l'espèce de conglomérat cuprifère que l'on exploite à présent sur une si vaste échelle dans cette contrée.

Depuis cette époque, d'autres voyages que je fis au Canada élargirent encore le cadre de mes idées sur la précipitation des métaux sous l'action de la *voie humide* naturelle; ainsi, la plupart des amas de pyrite métallifère que l'on rencontre dans le district de Sudbury sont surmontés d'un « chapeau » sablonneux, d'où la pyrite a disparu à peu près totalement; voici l'analyse de ces sables :

Silice	53,00
Oxyde de fer	35,20
Oxyde de cuivre	3,50
Oxyde de nickel	1,40
Soufre	5,60
Or et platine	0,075

(1) Voir planche 160.

(2) *Mines de nickel, cuivre et platine de Sudbury (Canada)*, p. 6; Baudry, éditeur, Paris.

Or l'analyse totale du minerai massif sous-jacent donnant une proportion d'or et de platine infinitésimale avec 17 0/0 de cuivre, 17 0/0 de nickel et 25 0/0 de soufre, il est évident qu'il y a eu départ du soufre et des autres métaux à l'état de sulfates solubles. Ce phénomène, que nous constations ainsi sur des amas de dimensions relativement réduites, a donc pu donner naissance, autrefois, à des formations de sulfates de cuivre, nickel et fer d'une grande importance, et la précipitation facile du cuivre à l'état métallique a créé les mines de cuivre du Lac Supérieur, pendant que les oxydes de fer et de nickel, d'une réduction relativement plus difficile, se maintenaient plus longtemps à l'état de sulfates et nous ne pouvons aisément aujourd'hui suivre leur trace.

Quant à l'or et au platine, il est resté en place où nos mineurs l'exploitent. Nous citons ces faits qu'on pourrait dire pris sur le vif, car ils fixent nettement les idées sur l'une des manières dont la nature a manié et remanié les substances métalliques.

Si nous revenons au Transvaal, nous voyons que des réactions analogues à celles que nous avions signalées pour le cuivre s'y sont passées pour l'or, et cela sur une échelle infiniment plus importante, car depuis Cape-Town, au sud, jusqu'au nord du Transvaal, c'est-à-dire sur une distance d'environ 2 000 *km*, tout semble indiquer que l'on est en présence de terrains que l'on peut ainsi résumer :

A la base, le granit et le gneiss et, au-dessus, des assises que l'on peut considérer comme siluriennes, dévoniennes et carbonifères; enfin, le tout surmonté, à stratification discordante, par les dépôts du karoo de 350 *m* d'épaisseur, allant du permien à l'infra-lias.

Cette dernière formation du karoo, mieux déterminée comme âge que la première par les fossiles qu'on y rencontre, est formée de couches très voisines de l'horizontale et renferme d'innombrables dépôts de houille; elle repose sur les crêtes des couches plus anciennes, remplit les vallonnements et sillons que les eaux courantes y avaient faits et semble avoir achevé de combler les anciennes mers à une époque où déjà celles-ci contenaient, comme nous le verrons, des eaux dont la composition se rapprochait de celle de nos mers actuelles et, aussi, à un moment où les rivages s'étaient couverts de forêts dont les débris, charriés par de grands cours d'eaux de vitesse relativement très faible, ont pu se déposer en masse et former à la longue les couches de houille dont nous avons parlé. C'est ainsi que les

sondages traversant le karoo au sud du Witwatersrand ont pu recouper d'épaisses assises, uniformément composées d'amas de feuilles d'arbres plus ou moins transformées en carbone pur.

Quant aux couches reposant sur le granit, elles renferment des schistes ardoisiers alternant avec des quartzites avec bancs de minerais de fer oxydulé (1), rappelant d'une manière frappante les couches semblables que l'on trouve dans le silurien de Bretagne qui, comme on le sait, est très caractérisé par des grès ou quartzites ferrugineux, passant aussi à la magnétite très pure; or, d'après nos études dans l'ouest de la France, nous avons constaté que cette magnétite se présentait parfois sous la forme d'amas de cristaux accolés qui nous semblèrent aussi être l'effet d'une précipitation lente de l'oxyde de fer.

Nous ne serions point surpris si, dans l'avenir, on trouvait de l'or dans ces formations anciennes et sédimentaires de Bretagne.

L'or est le métal donnant le plus vif intérêt aux couches anciennes de l'Afrique du sud, car il s'y rencontre partout en plus ou moins grande quantité, et le géologue Bain l'y avait signalé, il y a longtemps, bien au sud de la rivière Vaal, dans des conglomérats, mais dans une proportion ne permettant pas une exploitation. Ce ne fut donc pas une surprise pour les géologues, lorsqu'en 1888 environ le Boër Struben découvrit et commença l'exploitation des fameux conglomérats aurifères du Witwatersrand; depuis cette époque la littérature géologique de cette contrée s'est prodigieusement enrichie : en Allemagne, l'ingénieur Schmeisser; en Angleterre, de nombreux ouvrages; en France, M. de Launay et, enfin, à Johannesburg, les publications de la Société géologique et de son distingué Secrétaire Général, M. David Draper, ont déjà élucidé bien des questions.

Notre but n'est donc pas de revenir sur ce qu'ont déjà publié nos savants contemporains, mais bien simplement d'exposer de nouveau ici, avec plus de détails, nos idées personnelles sur la façon dont se sont déposées les couches et sur la genèse de l'or dans ces couches, aussi bien que celle des gîtes de diamants, si extraordinaires, de cette contrée. Nous dirons toutefois que la série des couches aurifères inférieures ne renferme pas de calcaire, mais qu'elle est surmontée d'un banc puissant de dolomite, privé lui-même de fossiles, et que la découverte de cet important horizon est dû à M. David Draper. Toutefois, la dolo-

(1) M. D. Draper a signalé un banc de magnétite et d'ardoises, près de Heidelberg (Transvaal).

mite commence à jouer un rôle important aux niveaux géologiques supérieurs de l'âge aurifère ; ce rôle est bien constaté au nord du bassin du *Rand*, à Malmani et à Lydenburg : nous en avons constaté un premier indice au sud du Rand, à Klerksdorp, et nous en parlerons plus loin.

Si l'on se reporte par la pensée aux époques reculées qui précédèrent les précieux dépôts des couches siluriennes, nous entrevoyons à la place de ce grand plateau presque horizontal et très élevé d'altitude, qui forme le sud de l'Afrique, une vaste étendue d'eau, formée par un seul océan ou par une série de lacs immenses, plus ou moins importants, reliés entre eux par des cours d'eaux à la façon des lacs qui existent encore dans le centre de l'Afrique, ou mieux de ceux qui composent une grande partie du Canada. A ces époques de grandes pluies, cette vaste étendue d'eau était continuellement alimentée par des torrents nombreux et d'un très grand volume descendant de hauts massifs montagneux. La place exacte qu'occupaient ces montagnes semble difficile à déterminer, mais, selon toutes probabilités, elles formaient comme un immense amphithéâtre autour des bassins aurifères actuels, à peine ouvert vers le sud, de sorte que les cours d'eau rayonnaient dans des directions très variées autour des bassins qu'ils finirent par combler. Quant à la nature des roches qui constituaient ces montagnes, on peut s'en rendre aisément compte par celle de leurs débris, étalés maintenant en couches successives qui ont été autrefois soumises à des phénomènes dont nous parlerons.

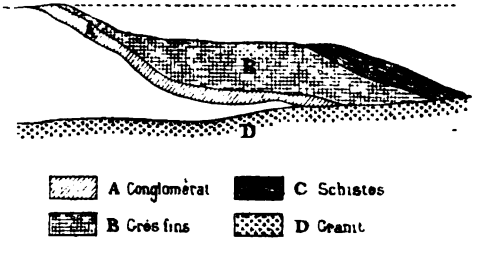
Suivant l'hypothèse généralement admise, les géologues pensent qu'au Transvaal les couches anciennes et aurifères, que nous voyons aujourd'hui affleurer suivant des angles variables, ont dû autrefois se déposer horizontalement et que le redressement actuel que nous constatons est dû à la poussée de roches éruptives qui émergèrent autrefois de la masse centrale fluide de la terre. Une autre opinion veut que ces mêmes assises horizontales se soient déprimées suivant d'immenses surfaces par suite d'un phénomène encore inconnu, de façon à former des cuvettes ou fonds de bateaux.

Cette dernière opinion, qui est soutenue par M. David Draper, expliquerait, il est vrai, la forme circulaire du bassin du Witwatersrand. Cette opinion du savant géologue concorde, par certains points, avec la thèse que nous soutiendrons plus loin ; aussi prions-nous nos auditeurs de vouloir bien en prendre bonne note.

Pour nous, en effet, les couches anciennes se sont déposées sur les parois des dépressions granitiques suivant une inclinaison plus ou moins forte et voisine de celles où nous les retrouvons aujourd'hui ; nous rentrerons ici dans quelques considérations pour appuyer notre manière de voir, qui n'est pas conforme à celle de la plupart de nos confrères en géologie ; nous rappellerons, tout d'abord, que nous ne sommes pas les premiers à admettre cette formation des couches sédimentaires suivant une certaine pente. En effet, en 1836, M. le marquis des Roys, géologue éminent, fit à la Société géologique de France une communication très remarquée, dans laquelle il soutint la thèse que les roches stratifiées avaient pu se déposer suivant l'angle où nous les trouvons aujourd'hui. Plus tard, vers 1850, M. Wegmann reprit et soutint l'opinion du marquis des Roys et, à peu près au même moment, M. Constant Prévost faisait des expériences établissant qu'un courant d'eau charriant des substances minérales les pouvait déposer en couches régulières le long d'une assez forte pente. Vers 1888, M. Fayol consacra beaucoup de temps à de nouvelles démonstrations expérimentales de la même théorie, établissant avec plus de netteté que ses devanciers la façon dont les couches pouvaient se déposer sur une pente inclinée. Il arrivait ainsi à des angles d'inclinaison voisins de 40°.

La figure que nous donnons ci-contre (*fig. 1*) est une coupe théorique ; elle montre comment les couches se déposent et se superposent suivant la grosseur de leurs éléments A, B et C. Nous nous permettrons d'observer, au sujet des coupes théoriques que nous donnons dans le cours de cette étude, qu'elles n'ont pour but que de fournir une démonstration plus rapide de nos idées, sans avoir, par ailleurs, la prétention d'être l'expression d'une vérité mathématique ou absolue ; ce n'est, bien entendu, qu'à la longue, avec le développement des travaux miniers et des sondages, que l'on arrivera à établir des coupes parfaites, lesquelles permettront d'affirmer ou d'infirmer les diverses opinions actuelles.

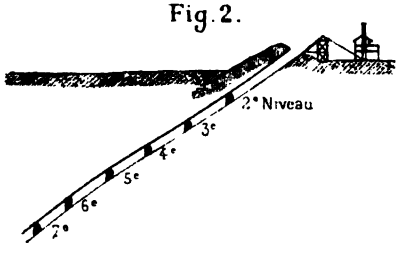
Fig. 1.



Coupe idéale d'un dépôt en place primitive

La figure 2 est la coupe d'une couche de grès aurifère, dont nous aurons l'occasion de reparler et dont l'inclinaison de 35° environ ne semble pas avoir été modifiée depuis l'époque du dépôt. La protubérance qui s'élève au-dessus du terrain, à l'entrée du puits, montre que le toit de la couche a échappé aux érosions; nous donnons aussi cette coupe, parce sa disposition nous paraît bien conforme à ce que peut produire un cours d'eau de grande largeur, ayant une vitesse moyenne et se déposant dans une mer profonde.

Fig. 2.



Section verticale du reef Buffelsdoorn Estate où le charbon aurifère est reconnu

Certaines couches se présentent à l'affleurement avec une inclinaison de 80°, diminuant rapidement avec la profondeur; c'est là un cas qui est assez fréquent, mais principalement dans les couches les plus anciennes des séries aurifères, qui sont les plus voisines des parois de granit de l'océan primitif; les partisans d'un dépôt horizontal primitif objectent à mon opinion ces fortes pentes.

Nous reconnaissons sans peine qu'une couche ne peut se déposer sur une pente quelque peu supérieure à 40° et que, par suite, toute inclinaison supérieure d'une couche sédimentaire provient d'un redressement après coup, mais il paraîtra bien être aussi vrai qu'un axiome que, si nos adversaires peuvent admettre que des forces mécaniques ont permis de faire passer des couches de l'horizontale à 80°, à plus forte raison pourra-t-on admettre avec nous que c'est bien aussi à la suite de mouvements, dont nous chercherons les causes, que les couches ont pu passer de l'angle de 40° à celui de 80° d'inclinaison.

Pour expliquer le redressement des couches à leur partie supérieure, nous montrerons, d'après une coupe de la mine New-Primrose *(fig. 3)*, qu'une couche d'argile AB, grâce à sa plasticité, a pu, sous la pression des roches qui l'ont peu à peu recouverte, être refoulée, de bas en haut, vers des points de moindre résistance voisins de la surface, redressant fortement, de la sorte, la couche de minerai EF. Ce cas peut se présenter bien souvent dans un ensemble de couches où alternent les bancs schisteux fissiles et les couches de grès ou conglomérats non fissiles; nous devons, en outre, considérer que les couches inférieures, à leur base,

ont eu plus tard à supporter toutes les séries des couches plus récentes qui sont venues se déposer sur elles, pressant de tout leur poids, de sorte que les anciennes portions de ces couches, étalées presque horizontalement au fond de la mer, se sont comme écrasées, pendant que leurs bancs argileux plastiques se laminaient de bas en haut sous ces puissantes pressions ; il y aurait donc eu : 1° un mouvement d'écrasement des couches de haut en bas ; 2° une intrusion de bas en haut des masses plastiques argileuses, et ces deux mouvements concordent à donner une plus grande pente aux couches non fissiles, c'est-à-dire aux conglomérats et aux grès, dans le voisinage de leurs parties supérieures.

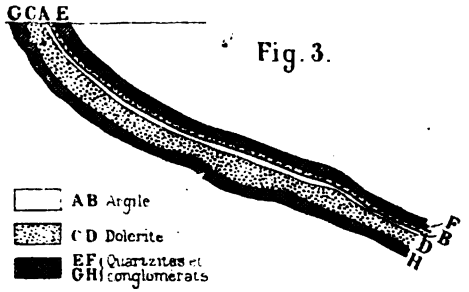


Fig. 3.
Section de la mine New Primrose

Mais ces forces mécaniques puissantes en action de haut en bas et de bas en haut brisaient, disloquaient et rejetaient les couches, et c'est dans les failles ainsi formées que trouvaient parfois leur passage les argiles plastiques ascendantes ; celles-ci même acquéraient, sous ces fortes pressions, une compacité qui, dans certains cas, a pu les faire considérer comme des roches éruptives, d'autant plus qu'elles en avaient les apparences en beaucoup de points, comme nous avons pu le constater par divers échantillons ; elles jouaient, en effet, le rôle habituel à certaines roches éruptives, sauf l'action calorifique, c'est-à-dire qu'elles remplissaient les failles, qu'elles les avaient même produites dans leur mouvement de bas en haut, s'intercalaient entre deux couches, se moulaient sur leurs protubérances ou dans leurs creux : elles semblaient, en un mot, avoir passé par l'état fluide ; mais l'absence d'action calorifique, dans ces cas, est un fait à l'appui de notre opinion, d'autant plus que certaines de ces roches, soi-disant éruptives, sont d'une composition qui ne saurait permettre leur fusion qu'à une température extrêmement élevée, de sorte que les couches au contact auraient été profondément métamorphisées, ce qui n'a pas lieu.

Les faits précis que nous citerons plus loin, au sujet de la mine du « Champ d'or », corroboreront encore ces vues sur la géologie de ces terrains.

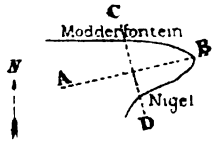
L'opinion de l'horizontalité première des couches a conduit les géologues à penser qu'elles ne sont pas relevées seulement le long de la chaîne du Rand, mais encore vers le sud, un synclinal ou fond de bateau existant entre ces deux lignes de relèvement. Nous ferons remarquer que rien de sérieux n'autorise, selon nous, jusqu'ici, à dire qu'on ait une seule trace des couches du « Rand » redressées vers le sud et que, en ce qui nous concerne, si c'était un véritable redressement que nous eussions de l'horizontale à la verticale au « Rand », ce serait déjà un fait assez extraordinaire par lui-même pour que nous soyons réservés sur l'hypothèse qu'il a pu se produire une seconde fois vers le sud, à moins d'en avoir des preuves certaines, ce qui est loin d'exister. Le seul fait, qui prête à l'illusion d'un redressement des couches au sud, est celui de la présence de deux séries de couches vers l'est du bassin : la série Modderfontein au nord et la série Nigel au sud, qui se font vis-à-vis à 70 *km* environ de distance, pendant que leurs couches respectives s'inclinent en sens inverse, comme si elles allaient se rejoindre en profondeur ; ces couches, en effet, ont à peu près la même inclinaison dans les deux séries et leurs conditions stratigraphiques et lithologiques ont une assez grande similitude pour qu'on puisse admettre qu'elles sont contemporaines. Une autre objection que je vois au relèvement jusqu'à la verticale de couches qui se seraient déposées horizontalement, c'est qu'ici, en additionnant les épaisseurs de ces bancs sédimentaires superposés, on arrive à des épaisseurs colossales de 7 *km* et au-dessus dans certains points ; l'océan qui aurait servi de réceptacle à de pareils dépôts, ramenés par la pensée à l'état horizontal, aurait dû avoir une profondeur minima de 7 *km*, c'est-à-dire bien supérieure à celle de nos océans actuels ; il faudrait encore admettre que le granit sur lequel reposent ces couches, et qui était évidemment solidifié au moment du dépôt, s'est redressé, comme nous le voyons aujourd'hui, en même temps que les bancs stratifiés qu'il supporte ; or, sans tenir compte de l'effort immense que de tels mouvements exigeraient, on se demandera si le granit massif de la base n'aurait pas été fracturé et broyé sous une telle influence, alors qu'il ne paraît pas fendillé d'une façon anormale.

Nous admettons aisément que les couches sédimentaires, surtout celles qui étaient argileuses, vaseuses, ou même à grains fins, aient subi des redressements à cause de leur situation au sein de la masse des eaux qui les pénétrait et de leur plasticité

naturelle, mais tout autre est le cas des granits compacts et résistants qui supportaient ces couches.

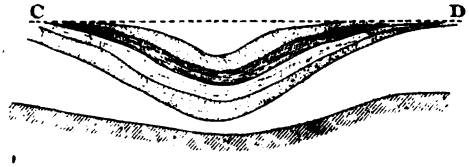
Pour nous, les redressements de couches se faisant vis-à-vis proviennent simplement de ce qu'on se trouve en face des affleurements de mêmes bancs déposés autrefois sur les berges opposées d'un large cours d'eau, ou bien d'un golfe, ou même, dans certains cas, d'un bras de mer, et c'est le cas des séries de la

Fig. 4.



Golfe ou bras de mer Modderfontein-Nigel

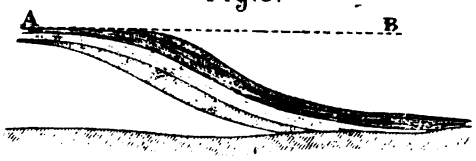
Fig. 6.



Coupe CD suivant la fig. 4

Nigel et de la Modderfontein *(fig. 4)*; la coupe AB *(fig. 5)* est celle des couches dans le sens où elles se sont déposées, et la coupe CD *(fig. 6)* montre la façon dont les couches ont épousé le relief ancien des terrains, tout en donnant l'illusion d'un fond de bateau. Le cours d'eau, venant du nord-est, aurait déposé sur ses deux berges les éléments pareils que nous retrouvons; ce qui prouverait encore la réalité de cette hypothèse, c'est que les couches sont moins inclinées à mesure que l'on s'enfonce dans le golfe, vers le nord-est ; elles ont 70° d'inclinaison avant d'y pénétrer et 18° quand elles y sont, ce qui est tout à fait conforme à l'expérience que les eaux des fleuves larges et relativement peu rapides ont leurs dépôts peu inclinés ; de plus, dans un détroit, les effets de dépression des grands fonds qui ont contribué à relever l'affleurement des couches se sont moins fait sentir que sur les bords de l'océan lui-même.

Fig. 5.



Coupe AB suivant la fig. 4

Mais, en dehors de l'hypothèse ci-dessus, si nous faisions une coupe allant du Champ d'Or à Randfontein, dans l'angle nord-ouest du bassin du Rand où les couches s'infléchissent sans qu'on les perde de vue, nous réaliserions les coupes précédentes, comme on peut facilement s'en assurer d'après l'examen de la carte générale placée à la fin de cette note, sauf qu'étant ici en plein

bassin, l'inclinaison des couches anciennes se trouve beaucoup plus forte que dans le golfe Modderfontein-Nigel, par suite des causes que nous avons énumérées précédemment.

Nous allons maintenant aborder un sujet qui a une grande importance dans le cas présent; nous voulons parler de la relation qui existe entre la composition de chaque couche et la vitesse des courants d'eaux qui l'ont formée. Cette relation est *absolue* et l'on peut dire, comme une loi, que « Si l'on divise la largeur d'un cours d'eau en éléments d'égale vitesse, chacun de ces éléments ne déposera le long de son cours que des graviers d'une grosseur donnée ». Ainsi, un élément de courant marchant à la vitesse de 0,60 *m* par seconde ne déposera que des graviers de 1 à 2 *cm* de diamètre qu'il est capable de mettre en mouvement, tandis qu'il laissera, dans les parties supérieures de son cours, les graviers de 5 à 10 *cm* de diamètre qui exigent un courant de plus de 1 *m* par seconde; mais, d'autre part, il emportera, sans jamais les déposer, les graviers au-dessous de 3 *cm* de diamètre, qui, pour se mettre en mouvement, n'ont besoin que d'une vitesse d'eau inférieure à 70 *cm* par seconde. Il résulte de ce fait que, suivant le sens normal à un vaste cours d'eau, les atterrissements de son embouchure se composent de couches contemporaines, mais nettement variables, en grosseur de leurs éléments, en épaisseur et en degré d'inclinaison. Mais, il faut ajouter ici que les graviers ainsi déposés, quelle que soit la dimension de leurs éléments, présentent des interstices; or, dans ces interstices, la vitesse du courant est à peu près nulle et descend au-dessous des 7 *cm* par mètre de vitesse d'eau qui sont nécessaires au transport des sables fins, de sorte que ceux-ci ne tardent pas à s'y accumuler, en même temps que les éléments légers, tels que les débris végétaux ou animaux, dont nous verrons plus tard le rôle actif dans la précipitation de l'or et des autres métaux ou substances minérales associés. Un remarquable travail de M. Thoulet, professeur à la Faculté des Sciences de Nancy (1), est venu complètement à l'appui de la thèse que nous soutenions dans un article publié dans *la Nature*, quelques jours auparavant (2).

M. Thoulet précise, en effet, qu'un amas de sable, déposé en eaux vives, a des espaces vides égaux à 16 *cm* du volume total de l'amas considéré, et que c'est là la limite naturelle de la pro-

(1) *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 3 décembre 1894.

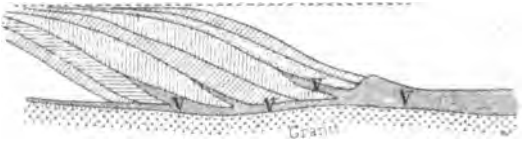
(2) *La Nature*, 17 novembre 1894 : *Théorie de la formation aurifère du Witwatersrand*, par M. Jules Garnier.

portion de vase qui peut être absorbée dans les interstices dudit sable.

D'après ce que nous venons d'établir, on voit que les particules vaseuses ayant quitté les lits des rivières ou les bords des océans, vont au loin déposer peu à peu leurs éléments les plus gros, mais que certains d'entre ces éléments sont tellement ténus qu'ils ont la plus grande peine à atteindre le fond des eaux.

M. Cialdi et les frères Weber ont recherché quelles conditions étaient nécessaires pour que les vases ténues pussent enfin se déposer; ils sont arrivés à ce résultat remarquable « que ce n'est qu'à une profondeur égale à 350 fois la hauteur maxima des vagues que les vases fines peuvent se déposer »; ces vases sont même à un tel état de finesse qu'elles en arrivent à produire la coloration des eaux: c'est ainsi que M. Gérardin a reconnu que le *bleu* des eaux n'est pas dû à autre chose. Néanmoins, certaines substances, en suspension ou en dissolution dans les eaux, permettent la clarification complète; c'est bien là une des propriétés bien connues des poussières de charbon, et comme, à l'époque de la formation des couches du Rand, les cours d'eau y charriaient certainement déjà une certaine proportion de carbone, dont nous avons d'ailleurs retrouvé les traces dans les grès aurifères, il n'est pas douteux que les grandes profondeurs des excavations de granit ne se soient remplies, dès cette époque, d'un mélange de vase et de matières graphiteuses; cette vase devait former d'immenses amas au pied des couches en formation et bien en avant d'elles, de sorte que chaque couche sédimentaire inclinée nouvelle, se superposant aux précédentes, venait étaler ses extrémités inférieures sur cette masse vaseuse. La figure 7 montre ce qui se passait alors et la façon dont la vase elle-même, comprimée par le poids des roches qui l'emprisonnaient, pouvait être refoulée entre leurs strates et s'élever ainsi plus ou moins près de la surface des sédiments; de plus, la masse vaseuse était refoulée en avant par la poussée des bancs solides, à mesure qu'ils s'avançaient. En réfléchissant à ce fait indéniable, considérant d'ailleurs que la proportion des vases charriées par les cours d'eau était immense par rapport aux élé-

Fig. 7



Couches de grès et de conglomérats refoulant la couche de vase V et de particules charbonneuses

ments de quartz, puisque la composition moyenne des roches contient toujours peu de quartz libre par rapport aux autres éléments véhiculés, nous arrivons à cette conclusion : qu'il nous faut trouver ce qu'est devenue cette colossale masse de boue qui s'est alors précipitée dans les grands fonds des eaux en avant des éléments quartzeux stratifiés.

Je rappellerai ce que nous disions plus haut, à savoir qu'il est possible que les matières composant certains dykes pourraient bien n'avoir pour origine que les boues elles-mêmes. Rien ne s'opposerait à ce que, sous l'influence de l'effet du temps, de la pression et de l'affinité chimique, il ne se soit, à la longue, *développé* les formes cristallines que nous trouvons aujourd'hui noyées dans leurs masses : le cristal n'est-il pas la première forme de la vie, puisqu'il touche aux êtres organisés par trois points importants : l'unité de composition chimique; la forme toujours la même pour la même composition; et, enfin, les éléments de chaque cristal n'ont-ils pas possédé le mouvement puisqu'ils ont pu se superposer suivant des lois précises.

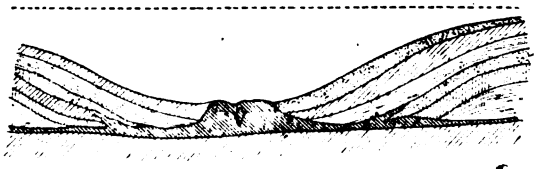
Mais il a dû arriver, à la longue, que les estuaires, composés des masses de graviers successivement déposés par les cours d'eau, ont fini par se rencontrer dans une marche en sens inverse, lente mais certaine. C'est là un fait dont nous allons examiner les conséquences. La figure 8 (qui représente le delta du Rhône de 50 *km* de largeur rencontrant le delta du Volga de 90 *km* de largeur) nous indique comment le fait a pu se présenter. Une telle rencontre n'a dû se produire, évidemment, qu'à une grande distance des anciens rivages, c'est-à-dire en des points où la profondeur des eaux avait des chances pour être la plus considérable. Par suite, en ces points, l'épaisseur des vases recouvrant le seuil de granit était la plus importante. Sous la poussée du poids des matières constituant les deux deltas, la vase s'élevait peu à peu et les figures 9, 10 et 11 nous montrent encore la succession des faits qui durent se passer : tout d'abord, dans le bras de mer plus ou moins large séparant les deux estuaires, la vitesse des eaux des deux anciens cours d'eau tendit à diminuer de plus en plus, jusqu'au point limite où elle fut à peu près nulle, de façon que,

Fig. 8.

Rencontre de deux Deltas

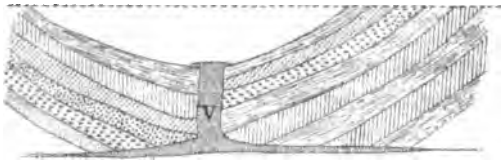
obéissant aux lois que nous avons émises plus haut, les dépôts sédimentaires, qui se déposèrent en bouchant les espaces supérieurs séparant les parties les plus élevées des deux estuaires, devinrent composés d'éléments de plus en plus fins, se superposant dans une position de plus en plus rapprochée de l'horizontale; mais les boues très fluides provenant du fond n'on ont pas moins poursuivi leur mouvement ascensionnel vertical entre les deux estuaires, au travers des cheminées ovoïdes le long desquelles elles s'élevaient à peu près constamment, s'écoulant par là comme des fleuves de boue, sous l'action d'une immense poussée, usant, arrachant les parois des strates anciennes ou relevant jusqu'à la verticale les nouvelles strates argileuses qui venaient s'ajouter et se superposer aux anciennes autour de ce moule mobile.

Fig. 9.



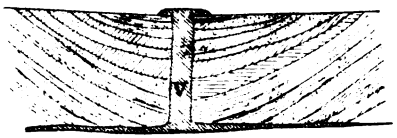
V. Dépôt de vase et particules charbonneuses resserré entre deux estuaires (1re phase)

Fig. 10



V. Dépôt de vase et particules charbonneuses resserré entre deux estuaires (2e phase)

Fig. 11.



V. Dépôt de vase et particules charbonneuses resserré entre deux estuaires (dernière phase)

Enfin la surface des eaux fut atteinte et fit place aux terres, et le géologue de nos jours se trouve seulement en présence d'une série d'excroissances faisant plus ou moins saillie, et dont chacune marque aujourd'hui l'embouchure extérieure de l'ancien fleuve ascendant de boue plastique : c'est ainsi que, sur une longueur à peu près rectiligne de 200 *km*, passant de la colonie du Cap (Griqualand ouest) dans l'État d'Orange, au sud du Transvaal, on

a rencontré le jalonnement plus ou moins rapproché de ces sommets boueux se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

Ces jaillissements de vases étaient mus par une force que l'on peut calculer; en effet, si nous admettons que la hauteur des vagues de l'ancien océan, aujourd'hui comblé, fut de 20 *m* (1), c'est à 7000 *m* que les bancs vaseux avaient leur surface : Nous pouvons considérer que la densité des dépôts alluvionnaires qui pesaient sur eux étant de 3, la pression supportée était de :

$$\frac{7000 \times 3}{10} = 2100 \text{ atm.}$$

Le charbon contenu dans la vase à l'état fragmentaire a bien pu, sous l'effort de cette pression prolongée, se transformer d'abord en graphite et enfin en diamants, tels que nous les trouvons aujourd'hui. Sans doute ce carbone, qui provient des époques géologiques les plus lointaines, était d'une pureté parfaite, la cohésion et la cristallisation seuls lui manquaient. Nous avons toutefois hésité à publier cette opinion sur la formation des diamants tant elle s'éloigne de celle des savants éminents qui ont étudié la question jusqu'ici; nous nous sommes toutefois décidés à sortir de notre réserve par suite de l'accueil bienveillant qu'a reçu de certains Ingénieurs du Transvaal notre opinion sur l'origine de l'or par précipitation (2) et aussi parce que notre manière d'ex-

(1) Nos océans ont parfois des vagues de plus de 30 *m* de hauteur.

(2) Le savant Secrétaire Général de la Société géologique de Johannesburg, M. David Draper, nous écrivait à la date du 8 décembre 1895 :

Dear Sir,

At the last meeting of the geological Society I read an extract of your very interesting paper, which you kindly presented to our Society some time back...

I quite agree with you about the precipitation of the gold from a solution, as so clearly expressed in your paper, and I feel certain that if you could study the conglomerate *in situ*, that you would be able to couvince those who to day hold different opinions...

The Buffelsdoorn occurence of golden coal is most interesting and conclusive...

Yours.....

David Draper.

Cher Monsieur,

Au dernier meeting de notre Société géologique, j'ai lu un extrait de la très intéressante notice que vous avez bien voulu présenter à notre Société il y a quelque temps...

Je suis tout à fait d'accord avec vous en ce qui concerne la précipitation de l'or d'une solution, comme c'est si clairement exprimé dans votre notice, et je suis convaincu que si vous pouviez étudier les conglomérats *in situ*, vous apporteriez la conviction dans l'esprit de ceux qui partagent aujourd'hui des opinions différentes...

La présence de l'or dans le charbon à la mine de Buffelsdoorn est des plus intéressante et concluante...

Agréez.....

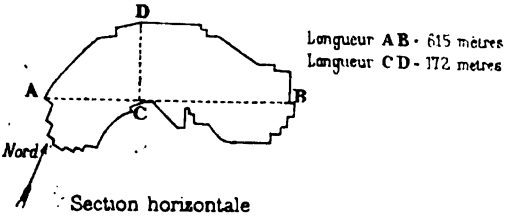
David Draper.

pliquer l'arrivée au jour des bancs diamantifères est celle qui, jusqu'à présent, semble le mieux s'adapter aux faits.

Les mines de diamant du sud de l'Afrique ont été fréquemment décrites et particulièrement par M. Chaper (1880), puis par M. Moulle (1885) et enfin par M. Gardner (1893).

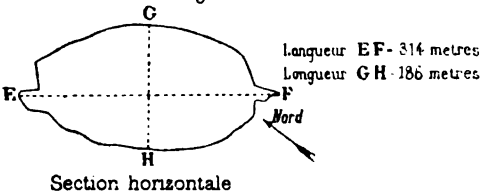
Je me permettrai donc de renvoyer mes auditeurs à ces descriptions fort bien faites et qui s'adaptent exactement, surtout celle de M. Chaper, aux explications que je donne de cette curieuse formation, avec cette différence que ces auteurs expliquent autrement que je ne le fais la genèse de ces roches diamantifères, bien qu'ils reconnaissent qu'aucune action calorifique, même de très faible importance, n'est constatable. Ils admettent tous que la roche diamantifère garnit le vide de cheminées verticales *(fig. 12 et 13)* dont nous donnons ici deux coupes horizontales. Les roches formant les parois de ces cheminées sont des boues, des schistes très peu compacts, à peu près horizontaux près de la surface, mais relevés au contact de la roche diamantifère jaillissante jusqu'à la verticale elle-même.

Fig. 12



Section horizontale
de la mine de diamants
Du Toit's Pan Mine en 1879

Fig. 13.



Section horizontale
de la mine de diamants
Kimberley Mine en 1879

Quand les bancs, au lieu d'être des schistes platisques sont des roches dures, la surface en est seulement polie dans l'intérieur des cheminées. Quant à la matière diamantifère, elle est arrivée en plusieurs jets sous l'influence de pressions qui semblaient intermittentes ou de plus en plus fortes, ce qui devait, en effet, arriver d'après les causes que nous avons données de ces phénomènes. Les matières éjectées à l'air libre semblent avoir été parfois d'un volume assez grand, si l'on en juge par l'importance de la tête du « champignon » saillant et s'étalant encore à la surface du sol; cette *tête de champignon* a été plus ou moins dé-

nudée sous l'influence du temps, abandonnant jusqu'à des distances assez fortes des alluvions diamantifères qu'on a tout d'abord exploitées. Nous pensons encore que ces boues ont surgi pendant des périodes suffisamment longues pour avoir contribué par les éléments solides qu'elles élevaient au jour à la formation de certains bancs relativement récents, tels que ceux de Klerksdorp qui contiennent à la fois de l'or et du diamant. Parfois, au lieu d'un champignon en relief, ces cheminées se terminent par un creux de retrait où se réunissent les eaux de pluie et l'on traverse une couche de vase alluvionnaire avant d'arriver à la boue diamantifère éjectée : ce cas a dû se produire, d'après les lois de l'hydrostatique, dans les points où le relief du sol avait un niveau plus élevé à l'époque des jaillissements. L'âge de ces éruptions ne semble pas très ancien, si l'on en juge par le peu de profondeur — tout au plus 20 mètres — où les actions atmosphériques ont pu agir, donnant à la masse diamantifère une teinte jaune, tandis qu'au-dessous, c'est la teinte bleue qui se présente et se conserve en profondeur. Cette matière bleue exposée sur le sol, par le mineur, aux intempéries, ne tarde pas à se résoudre en une boue magnésienne, qui seule contient le diamant, laissant intacte une masse énorme de roches brisées, de toutes dimensions et de toute nature. Les grès et les schistes arrachés des parois pendant le mouvement ascensionnel ont conservé tous leurs angles, preuve qu'après l'arrachement ils n'ont pas été frictionnés les uns contre les autres mais simplement portés vers la surface par les masses boueuses : les actions mécaniques étaient d'une puissance extraordinaire, puisqu'un seul de ces blocs de schiste n'avait pas moins de 36 000 m^3. Les roches cristallines se rencontrent aussi parmi les débris; elles sont plus rares, plus ou moins roulées, provenant sans doute des débris arrachés à des bancs de conglomérats. Les travaux des mines, dans toutes ces cheminées, ont montré que la matière diamantifère est partout composée des mêmes éléments, distribués de la même façon, ce qui faisait dire à M. Chaper qu'ils provenaient tous d'un même réservoir commun.

Enfin, M. Gardner, directeur actuel de la Compagnie de De Beers, a constaté dans cette mine la présence d'un dyke vertical, qui la coupe en deux; il est de composition semblable à celle de la matière diamantifère, sauf que celle-ci n'est pas autant décomposée : ce dyke vient se fondre à l'ouest de la mine dans une partie qui est, comme le dyke lui-même, à peu près exempte de diamants.

Pour nous, ce dyke est de même origine que le banc diamantifère, il est seulement formé d'une zone privée de carbone qui s'était étalée avec le reste du banc de vase et qui a aussi été poussée vers la surface sans trop se mêler aux bancs qui l'entouraient; l'absence de particules charbonneuses dans la masse de vase semblerait donc être la cause pour laquelle la roche diamantifère n'a pas de cohésion; en effet, on peut enlever la compacité à une argile en la mélangeant, à dose élevée, de poussière de charbon de bois; or, il est reconnu que la roche diamantifère comporte une quantité innombrable de diamants microscopiques.

Lorsque M. P. Garnier se rendit au Transvaal, nous l'avions chargé d'étudier de très près les faits qui pouvaient corroborer notre opinion du rôle des boues vaseuses, non seulement comme gangue du diamant, mais encore comme agent de force mécanique dans la stratigraphie actuelle des couches; il put précisément se rendre compte que, dans certaines mines d'or, on retrouve des ascensions de matières boueuses qui rappellent tout à fait celles des mines de diamant; ainsi, à la mine du Champ d'Or, M. Chouan, le directeur, put montrer à M. P. Garnier les deux faits suivants : il y a, dans cette mine, deux failles, l'une de 130 *m* de large, l'autre de 50 *m*; celle-ci, qui est à l'est de la concession, a rejeté les couches, dirigées est-ouest, de 50 *m* vers le nord, pendant que la première de ces failles ne les a rejetées que de 6 *m* vers le sud.

La matière remplissant ces failles est, à l'ouest, une argile très plastique chargée d'eau, au point d'en être liquide, et dans laquelle les galeries ne peuvent pénétrer, car elles se remplissent de boues aussitôt qu'elles y débouchent.

Dans la faille de l'est, c'est aussi de l'argile plastique qui a rempli les vides, mais, à une profondeur de 50 *m* au-dessous de de la surface, cette argile se charge de blocs de grès, à arêtes vives, comme ceux qu'on trouve dans les mines de diamant et grâce à la présence de ces blocs qui raffermissent le terrain, on a pu établir des galeries à ce niveau. M. Chouan pense qu'en profondeur la faille de l'est deviendra accessible pour la même raison. Nous avons soumis à M. Chouan notre opinion sur l'origine des boues argileuses qui remplissent les failles de sa mine et, aussi, sur notre façon d'envisager la formation des mines de diamant dans lesquelles il est aussi resté comme Ingénieur pendant plusieurs années avant de diriger les mines d'or du Transvaal, nous devons dire que cette théorie lui a paru tout à fait conforme à la réalité des faits qu'il a pu bien observer de longue date.

Nous avons vu plus haut que la pression exercée sur les bancs de vase déposés sur le fond de granit de l'ancien océan avait pu arriver à 2100 *atm*; une pareille pression a bien pu provoquer la transformation du graphite en diamant. Depuis longtemps, on pense que la pression produite par le refroidissement brusque, c'est-à-dire la trempe, d'un métal mélangé de carbone transformait celui-ci en diamant, cause de la dureté des aciers. L'Ingénieur C.-G. Jullien, dans son *Résumé sur l'aciération* (1), a écrit nettement (p. 174) que l'acier trempé n'est qu'un mélange de fer et de diamant et, qu'avant la trempe, c'est un mélange de fer et de graphite. Cet Ingénieur, très convaincu par ses longues études pratiques de ces faits trop nouveaux pour ses contemporains, fut seulement dans l'impossibilité de les démontrer par l'analyse chimique et c'est à M. Moissan qu'était réservé l'honneur, dans ces derniers temps, de le faire et de prouver l'exactitude des conceptions de Jullien qui, dans son temps, les exposait avec une véritable passion.

Si nous revenons maintenant aux sédiments aurifères, nous ferons remarquer que l'or s'y rencontre en particules invisibles à l'œil nu, sauf dans des cas très rares, où il affecte la forme de petits cristaux très nets.

On a remarqué que si les galets des conglomérats ont une fente, celle-ci renferme souvent de l'or; ce fait est naturel puisque c'est dans les interstices les plus à l'abri des courants que s'élaboraient les gaz réducteurs des sels d'or; de même le précieux métal forme parfois un enduit sur le galet lui-même, ce qui s'explique naturellement par ce fait que l'or précipité de sa solution descend par son poids sur la surface des galets placés au-dessous de lui. Le ciment qui relie les galets est, parfois, presque exclusivement composé de pyrite de fer, toujours cristallisée et servant elle-même de réceptacle aux particules d'or. Dans les couches plus récentes et telles que celles de la Buffelsdoorn Estate, qui sont composées d'un grès saccharoïde, l'or se rencontre accompagné de matières charbonneuses formant de petites veinules de 1 à 5 *cm* d'épaisseur, stratifiées dans le centre du grès. Ce charbon a plutôt l'aspect du lignite et, à son voisinage, la teneur en or augmente considérablement dans le minerai, pendant que dans le charbon lui-même la teneur en or est extrême et s'élève jusqu'à 24 *kg* à la tonne. Mon fils, M. P. Garnier, a, pour la

(1) Baudry, éditeur, 1868.

première fois, d'une façon officielle, constaté les faits ci-dessus, car nous les avons fait connaître, le 21 juin 1895, à la Société de Géographie (page 277 et suivantes). En tout cas, ce fait bien établi est une confirmation évidente de notre théorie qui veut que l'or soit ici le produit d'une précipitation sous l'influence de substances réductrices.

Depuis cette époque, on a signalé dans d'autres couches aurifères de la série du « Black reef », moins anciennes que les précédentes, la présence de petits lits charbonneux ayant joué le même rôle qu'à la mine Buffelsdoorn (1).

On a voulu voir une étroite connexion entre la présence des dykes et les dépôts aurifères; en ce qui nous concerne, nous ne voyons pas comment elle aurait pu s'exercer, sauf que l'intrusion des roches éruptives formant la masse des dykes, recoupant une couche aurifère, la refoule simplement et augmente, au contact, son épaisseur, mais sans augmenter sa teneur moyenne.

On a, il est vrai, constaté que certains de ces dykes étaient légèrement aurifères, et ce fait confirmerait notre opinion que, dans certains cas, ces matières éruptives dériveraient simplement des parties vaseuses qui s'appuient sur le granit et qui auraient été refoulées vers le haut, comme nous l'avons dit; ces parties vaseuses ayant elles-mêmes précipité de l'or.

Nous nous sommes demandé aussi quel était le sel d'or en dissolution? Dans mes précédentes notes, j'ai déjà avancé que ce sel devait être un trichlorure, lequel est relativement très stable et permet, en outre, la formation de chlorures nouveaux, dont nous pouvons suivre les évolutions dans la nature. Les êtres organisés ou leurs dépouilles, aussi bien que les matières végétales, se mêlaient à ces eaux contenant l'or en dissolution: mais ces substances organiques devaient se putréfier ou se décomposer, c'est-à-dire dégager des gaz susceptibles de réduire le trichlorure d'or; on sait, d'autre part, que les matières organiques n'arrivent à ce point, dans les lacs, qu'après s'être déposées et y avoir séjourné, ainsi qu'on peut s'en assurer en remuant le fond d'une pièce d'eau, ce qui fait aussitôt jaillir une masse de gaz. Dans la réaction qui s'opérait pour précipiter l'or, le chlore ou l'acide chlorhydrique dégagés tendait à former des chlorures de calcium, de magnésium et alcalins, aux dépens des éléments minéraux des particules de vase qui les entouraient, ne laissant que

(1) Société géologique de Johannesburg. Séance du 15 nov. 1895 : communication de M. White.

la pâte siliceuse qui relie les éléments roulés des conglomérats et enveloppe l'or, laquelle passait donc sans doute par l'état de silice gélatineuse, mais devenait plus compacte avec le temps. Nous verrons plus tard comment se précipitèrent ces chlorures de chaux et de magnésie et comment il ne resta plus, à la fin, dans la solution que des chlorures alcalins et des sulfates analogues à ceux que l'on trouve actuellement dans les océans.

Nous nous sommes demandé encore quelles pouvaient être plus particulièrement les matières précipitantes de l'or : le choix paraît facile, si l'on réfléchit qu'un grand nombre de corps simples précipitent l'or, tels que le phosphore, l'arsenic, l'antimoine, etc., que le sulfate de protoxyde de fer, que nous savons avoir existé en grande abondance dans ces eaux, précipite aussi le précieux métal; que les sous-sels : acide phosphoreux, sulfureux, azoteux... décomposent aussi les sels d'or; que l'hydrogène sulfuré a une grande action sur lui, enfin que les gaz qui s'échappent des matières végétales en train de se changer en carbone, séparent aussi l'or de ses solutions et que le charbon lui-même peut agir ainsi. Nous citerons quelques exemples, pour montrer combien la nature offre de ressources pour préparer les éléments susceptibles de précipiter l'or, et certains autres métaux connexes, de leurs solutions.

Tout d'abord, le sulfate de protoxyde de fer existait en abondance, puisque les pyrites qui constituent une partie de la pâte aurifère ont certainement passé, en majeure partie, à l'état de protoxyde de fer avant d'être complètement métamorphosées. La présence de l'hydrogène sulfuré peut aussi très bien s'expliquer par les découvertes récentes que nous allons rappeler : en 1890, M. Androunoff constata que dans la mer Noire, au-dessous du niveau de 200 *m*, 100 *l* d'eau tenaient en dissolution 33 mc^3 d'hydrogène sulfuré, et à 2 370 *m*, l'énorme proportion de 655 mc^3. Un tel phénomène resta sans explication jusqu'en 1895, où M. Zélinski, dans le *Journal de la Société chimique de Saint-Pétersbourg*, démontra que l'auteur de cet hydrogène sulfuré n'était qu'un micro-organisme qu'il nomma : bactérium-hydro-sulfureum-ponticum. De son côté, M. Broussilowski vient de découvrir un être, plus actif encore que celui de la mer Noire, pour produire l'hydrogène sulfuré et il le nomme : Vibrio-hydrosulfureus; on le rencontre dans la baie d'Odessa.

Ces dégagements d'hydrogène sulfuré suffisent pour détruire les poissons de la mer Noire, et l'on a reconnu que ces microbes se nourrissent des varechs, des cadavres d'animaux morts, des

gypses, des sulfates et des hyposulfites qu'ils décomposent, rejetant le soufre contenu à l'état de gaz hydrogène sulfuré.

Nous avons dit que les sédiments aurifères ne présentent pas de fossiles, et il est probable que les animaux de taille appréciable, analogues à ceux qui existaient déjà dans d'autres mers à cette époque, ne pouvaient vivre ici par suite de l'acidité des eaux et de la masse des sels qu'elles contenaient. On sait, toutefois, qu'à ces mêmes époques, les mers étaient souvent habitées par des animalcules microscopiques, des « diatomées » à carapaces presque exclusivement siliceuses; des microbes du même ordre ont pu fournir la matière organique voulue pour précipiter l'or, pendant que la partie siliceuse de leur carapace se retrouve dans le ciment des conglomérats. J'ajouterai à cet égard que l'on sait aujourd'hui que les eaux les plus claires des lacs contiennent des nuées de ces êtres microscopiques, et j'ai pu moi-même en recueillir des quantités en filtrant les eaux, si limpides à l'œil, des grands lacs du Canada et, si l'on dragues la surface des bancs déposés au fond de ces lacs, on y trouve, en énorme proportion, la dépouille de ces animalcules déjà fossilisée; mais il s'agit ici d'eaux douces qui ont pu conserver ces dépouilles, tandis que dans les anciennes mers du Sud-Afrique, si ces animalcules existaient, leurs débris ont dû être tellement rongés par l'acidité des eaux, qu'on ne peut plus en retrouver les traces aujourd'hui.

Nous avons vu plus haut l'action du carbone comme matière précipitante de l'or, il ne nous reste plus à parler que de l'influence réciproque des corps légers et très divisés en suspension dans l'eau et de certains sels solubles, qui peuvent s'unir moléculairement ou physiquement et se précipiter ensemble; c'est ainsi que M. Schlœsing a pu précipiter en même temps, par cette action réciproque, de l'argile très divisée dans de l'eau qui tenait elle-même certains chlorures en dissolution. Nous signalons ici ce fait avec empressement, car il expliquerait la précipitation du ciment aurifère et l'absence d'éléments fossiles. Toutefois, réfléchissant que les formes des êtres microscopiques anciens ont pu s'effacer, mais que, dans ce cas, elles auraient toujours laissé une trace sous forme de phosphore, qui accompagne tout être organisé en plus ou moins grande proportion, nous avons recherché le phosphore dans les ciments aurifères, et voici les résultats obtenus sur un fragment de conglomérat provenant du « Main reef leader du Champ d'Or » :

Poids total de l'échantillon essayé . . . . . 260 *g*

Division à la main de l'échantillon de la manière suivante :

1° Partie A, constituée par le ciment exempt de grains de quartz.	10 *g*
2° Partie B, ciment avec quelques grains de quartz. .	15
3° Gros fragments de quartz roulés avec un peu de pâte adhérente à leur surface	235
TOTAL.	260 *g*

L'analyse des parties A et B a donné :

	Partie A	Partie B
Perte au feu	2,20	2,40
Silice	83,20	85,60
Alumine.	2,85	3,50
Acide phosphorique.	0,150	0,10
Peroxyde de fer.	11,00	8,60
Chaux.	trace	trace
TOTAL.	99,40	100,2

La fusion plombeuse et la coupellation opérée sur 25 *g* du ciment aurifère a fourni un bouton d'or de 69 *mg* ou 2,76 *kg* à la tonne.

La présence du phosphore est donc bien constatée dans la pâte, pendant que les noyaux de quartz n'en contiennent pas, et c'est là un indice très probant de la préexistence de matières organisées dans cette pâte. Il est remarquable que les pyrites aurifères, qui constituent toujours une forte proportion du ciment, contiennent une proportion de métaux autre que le fer, de plus en plus grande, à mesure que les dépôts se sont effectués dans des couches plus récentes; c'est ainsi que le cuivre, le nickel, le cobalt, le manganèse, etc., se trouvent en proportion importante dans les couches du « Black reef » qui forment la limite supérieure de la série dans le Witwatersrand et dans le Lydenburg.

La présence de ces métaux peut provenir, soit de leur arrivée postérieure à l'or à l'état de sels solubles amenés par les cours d'eau, soit de ce que les sels de ces métaux étant moins faciles à réduire que les sels d'or, se sont concentrés et n'ont précipité leur métal qu'au moment où les eaux sont devenues moins acides et où nous constatons en même temps, pour la première fois, la présence des matières charbonneuses elles-mêmes. Quoi qu'il en

soit, la présence de ces métaux à l'état de sulfure s'explique, comme pour le fer, par une action réductrice qui s'est exercée sur leurs sulfates : en tout cas, cette variation de composition des pyrites, à mesure qu'elles se trouvent dans des couches d'âge différent, est une nouvelle preuve qu'elles se sont formées sur place et ne proviennent pas de débris de filons ou amas amenés des montagnes voisines, sauf l'exception dont nous parlerons à propos du « Black reef »; en effet, la composition des pyrites aurifères serait plus constante, si elles étaient, comme on l'a dit, des fragments roulés d'immenses amas de pyrites érodés.

Nous avons cherché s'il n'était pas possible de déterminer les meilleurs indices de richesse relative en or des différentes couches, et voici les résultats auxquels l'observation nous a conduit : si nous considérons d'abord la grosseur des éléments, comme, d'après notre opinion, ils ont été déposés par de forts courants d'eaux, les matières organiques, généralement légères, ont dû avoir une certaine peine à pénétrer dans les interstices de ces galets et à s'y fixer; on a remarqué, en effet, que les couches à gros galets avaient une richesse en or très capricieuse, à peu près nulle à certains points, très grande ailleurs, sans doute dans les endroits abrités des courants où les organismes ont pu former de petits amas, mais le stérile succède. Nous citerons, comme exemple, la série de « Kimberley reef » qui repose sur celle du « Main reef » et qui comporte des galets de 10 à 12 *cm* de diamètre, et dont les couches n'ont souvent qu'une faible teneur moyenne en or.

Dans le Sud, à Klerksdorp, les conglomérats comportent les éléments les plus gros que nous ayons rencontrés; ces masses ovoïdes atteignent parfois 50 *cm* de diamètre moyen; leur richesse en or est alors très faible. Les éléments plus fins n'ayant que 1 à 2 *cm* de diamètre, où le courant de l'eau était moyen, correspondent aux mines les plus riches, c'est-à-dire à la série du « Main reef » qui comprend les mines les plus célèbres. Dans les grès, passant souvent au quartzite, la richesse en or atteint rarement 6 *g* à la tonne, ce qui est inexploitable jusqu'ici, mais nous savons que, dans ce cas, la pâte intercalée entre les grains n'est qu'en faible proportion et n'a pu fournir assez d'éléments réducteurs des sels d'or. Nous ferons toutefois une exception dans le cas où le grès est imprégné de matières charbonneuses, comme à la « Buffelsdoorn Estate », mais ce fait se présente seulement dans les grès des étages supérieurs (série d'Elsburg et du Black reef). Enfin, dans les schistes, l'or n'est plus qu'à l'état de traces et même to-

talement absent dans la plupart des cas; on l'a signalé, toutefois, à Blauebank, en faible proportion, inexploitable. Un exemple montre bien l'influence physique des gros galets sur les dépôts d'or, c'est que, dans certaines couches de grès peu riches en or, si l'on rencontre accidentellement un gros galet, la pâte qui s'est déposée, abritée par ce galet contre les efforts du courant, est très riche en or. Il semble que le calme relatif de l'eau était indispensable à l'action chimique précipitante de l'or et des pyrites, et c'est tout naturel : les intervalles entre les galets formaient comme autant d'alvéoles où s'abritaient ces agents réducteurs, pendant que les eaux chargées des sels d'or venaient y déposer le métal, et, se renouvelant sans cesse, ne s'arrêtaient d'apporter leur précieux métal qu'au moment où les interstices étaient définiment pleins du ciment aurifère pyriteux.

Si nous recherchons quelle est l'influence de l'épaisseur des couches sur la richesse en or, nous arrivons à cette conclusion à à peu près générale que, pour une couche donnée et d'épaisseur variable, la richesse en or est indépendante de l'épaisseur, mais seulement proportionnelle à la surface de la couche considérée; en d'autres termes, si une couche passe en direction de l'épaisseur de 1 *m* avec une teneur de deux onces d'or à la tonne, à une épaisseur de 2 *m*, on peut prédire qu'elle n'aura plus alors qu'une once à la tonne; ce fait confirme absolument notre théorie qui veut que l'or se soit précipité *proportionnellement au temps considéré*, pendant que les éléments minéraux de la même couche, dans le même temps considéré, ont fourni une couche variable d'épaisseur *suivant la vitesse variable des eaux dans le sens de la direction de ladite couche.*

Nous remarquerons encore que l'or se présente d'une façon très irrégulière dans une même couche, c'est-à-dire qu'on le trouve en un point quelconque de son épaisseur, ce qui montre bien que l'influence de la pesanteur n'a eu aucune action sur le dépôt d'or. De plus, si un banc de grès ou de schistes vient s'intercaler dans la couche, ces bancs seront beaucoup moins riches en or : toutes choses qui s'accordent encore avec notre théorie de la précipitation.

Les ondulations formées par les directions des couches ne sont pas non plus négligeables; l'angle rentrant de la direction d'une couche correspond à une anse ou à un golfe de l'ancien rivage, c'est-à-dire à des points où les eaux, étant plus tranquilles, pouvaient concentrer une plus grande masse d'êtres organisés; il s'en faut ce-

pendant que cet argument soit absolu, cependant le golfe qui, selon nous, séparait vers l'est les couches Modderfontein au nord, des couches Nigel au sud, et dans lequel les eaux étaient forcément plus calmes, présente précisément des couches d'une grande richesse.

Il est encore évident, d'après ce qui précède, qu'une même couche doit présenter des variations de richesse considérables dans le sens de sa direction. Mais, néanmoins, aussi longtemps qu'une couche conserve en direction la même puissance et la même inclinaison, elle doit conserver la même richesse en or.

De tout ce qui précède, il est évident que la ligne de plus grande pente d'une couche donnée doit présenter une même richesse en or, et c'est ce que l'expérience semble avoir montré jusqu'ici, bien que les profondeurs atteintes par les travaux des mines soient encore peu considérables. Quant à la profondeur, nous pensons que son influence doit être plutôt favorable, attendu que, dans ses parties inférieures, une couche donnée s'est déposée dans des eaux de plus en plus tranquilles et, par suite, plus favorables au développement de la vie animale; enfin, que les débris d'organisme pouvaient se déposer, provenant de toute la hauteur verticale des eaux qui surmontaient le bas de la couche pendant sa formation; et, enfin, que la faible densité des matières organiques leur a permis de s'avancer un peu loin des bords avant qu'ils se précipitent en eau profonde; quoique, à l'encontre de ce fait, les éléments organiques charriés par les eaux avaient plus de chance de s'arrêter par frottement sur les galets voisins de la surface que sur ceux des parties inférieures, tandis que ceux de ces éléments organiques qui gagnaient le large n'étaient d'aucune utilité pour enrichir en or la couche en formation, sauf à une très grande distance de son affleurement, si elle persistait encore. Nous pouvons donc conclure que l'influence de la profondeur d'une couche sur sa richesse n'est pas très nettement établie, qu'elle semblerait favorable ou défavorable suivant les données physiques relatives au courant des eaux, à la densité des substances organiques et à l'intensité de la vie animale dans la région considérée.

Nous allons aborder maintenant une question qui nous semble d'une grande importance pour l'avenir de ces mines : nous voulons parler de la profondeur probable et maxima que les conglomérats aurifères peuvent atteindre dans le sens de la verticale, et aussi jusqu'à quelle distance de leurs affleurements les couches se seront prolongées dans le sens horizontal.

En ce qui concerne la profondeur verticale des couches, elle est d'abord limitée par la profondeur de l'ancien océan lui-même; mais, comme tout indique jusqu'ici que cet océan était autrefois très profond, nous rappellerons que le granit qui formait l'ancienne cuvette avait dû se recouvrir d'abord d'une couche de vase, distante de la surface des eaux de 350 fois la hauteur maxima des vagues. Nous ne savons pas quelle était la hauteur des vagues, qui serait seulement indiquée par la profondeur à laquelle un sondage rencontrerait la masse de vase; nous avons admis, ce qui n'a rien d'extraordinaire, que la hauteur des vagues fut de 20 *m*; nous voyons que la profondeur où les bancs aurifères commenceraient à avoir leurs bases dans la couche vaseuse ne serait pas moindre de 7 000 *m* dans ce cas, et cela sans compter la pénétration par leurs poids de ces couches massives dans la boue visqueuse et plastique qui surmontait le fond de granit. Ce sont là des profondeurs que le mineur ne saurait certainement atteindre, non seulement à cause des difficultés techniques, mais encore à cause de la chaleur : mais ce sera toujours une satisfaction de penser que l'homme sera plutôt arrêté dans ses travaux en profondeur par l'impossibilité physique d'aller plus loin que par le défaut de minerai.

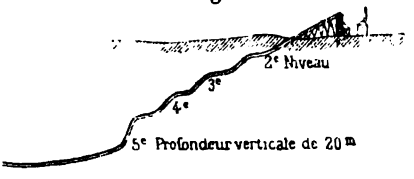
Si nous considérons maintenant à quelle distance des affleurements les couches aurifères peuvent se prolonger, nous verrons que cette distance dépend : 1° de la force du courant, dont la grosseur des éléments de chaque couche aurifère nous donne la mesure ; 2° de l'inclinaison plus ou moins grande de la couche à son affleurement; car plus cette inclinaison sera forte, plus le courant d'eau était grand et plus l'océan devait être profond en ce point, et ses eaux relativement calmes.

Mais il ne faudrait pas s'exagérer, d'après nous, la grandeur de la dimension des couches dans le sens de leur inclinaison, car il est plus que probable qu'aussitôt qu'elles auront atteint une pente voisine de l'horizontale elles s'arrêteront à peu près brusquement, et cela est évident puisque les éléments qui les composent n'obéissent qu'à deux forces : la pesanteur et la vitesse de l'eau ; or, la pesanteur cesse avec l'inclinaison et la vitesse de l'eau avec la grande profondeur.

Nous ferons remarquer ici que si une couche de conglomérat se poursuivait dans une direction voisine de l'horizontale, elle ne pourrait le faire qu'avec une grosseur de grains plus fins, c'est-à-dire qu'elle deviendrait peu à peu un grès.

Les partisans d'une allure en « fond de bateau » des couches aurifères arrivent, par cette conception, à un tonnage de minerai aurifère infiniment plus grand que celui que notre théorie indique; mais, comme dans les deux manières de voir la profondeur à laquelle il nous est impossible de pénétrer ne tarde pas à être atteinte pour la plupart des couches, les résultats, au point de vue de l'exploitation, se trouvent à peu près les mêmes. Il faut considérer, toutefois, que ce sont les séries les plus anciennes de couches aurifères, c'est-à-dire les plus voisines du granit, qui échapperont à notre atteinte dans les grandes profondeurs; mais il existe à la partie supérieure de ces couches des formations plus modernes dont nous allons dire quelques mots et qui, n'étant pas, selon nous, en forme de fond de bateau, perdent beaucoup de leur importance, attendu que leur profondeur ne peut jamais être importante, puisqu'elles se sont déposées dans les cavités de peu d'importance qui restaient à combler et dont les fonds étaient peu éloignés de l'ancienne surface des eaux; ces bassins, que je nommerai secondaires, présentent leurs couches sous des pentes de moins en moins fortes, à mesure que celles-ci se rapprochaient de la surface de l'ancien océan; certains même de ces dépôts, tels que celui du « Black reef », qui paraît être le plus récent, ne présente que de très faibles inclinaisons dans la mine « Orion » *(fig. 14)*.

Fig. 14.



Mine Orion — Coupe transversale

Il y a dans cette mine « Orion » des particularités qu'il vaut la peine de décrire; c'est ainsi qu'il semble que les couches aurifères y contiennent à la fois de l'or précipité, comme nous l'avons dit plus haut, et de l'or transporté provenant de l'érosion des affleurements des couches plus anciennes dont les affleurements l'entouraient. Si l'on examine, en effet, de très près le minerai du Blackreef, on y voit, à côté des éléments de pyrites aurifères cristallisées, des éléments de pyrites aurifères roulées, de très petites dimensions, mais qui, vu la fragilité de la pyrite, ne sauraient provenir que de la désagrégation des couches anciennes situées à une faible distance. Les pyrites de cette couche contiennent aussi beaucoup plus de métaux étrangers au fer, ce qui démontre qu'on était en face d'un bassin dont les eaux avaient pris une composition différente de celle de l'origine; d'autre part,

l'abondance des matières charbonneuses dans le « Black reef » marque aussi une période nettement différente.

L'or de ces minerais, comme on devait s'y attendre dans des eaux aussi impures et chargées de sulfates métalliques, est en très faible proportion à l'état libre, c'est-à-dire qu'il se trouve, pour la plus grande partie, associé aux pyrites, à l'inverse de ce qui se passe dans les couches anciennes.

Toutefois, la double origine de l'or que nous venons d'indiquer dans ces couches supérieures expliquerait leur richesse parfois très grande en or dans certaines parties, pendant que, par ailleurs, le peu de pente des couches, la petitesse de leurs éléments indiquent que les courants d'eaux avaient déjà une vitesse très restreinte et qu'ils laissaient, par suite, déposer un excès d'éléments minéraux, lesquels diminuaient, dans le plus grand nombre des points, la richesse moyenne des couches; c'est ainsi qu'on peut expliquer l'irrégularité si grande, dans le « Black reef », de la teneur en or. Nous ferons encore remarquer *(fig. 14)* que la couche « Orion » est plissée fortement, et c'est précisément dans ces plis, qui se prolongent en direction, que l'or est le plus abondant, ce qui est naturel si l'on admet la double origine de l'or ici : transport de la pyrite ancienne aurifère et précipitation.

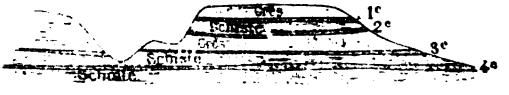
C'est donc dans cette dernière série du « Black reef » que l'or et les métaux associés finirent par se déposer, ne laissant en dissolution que les sels de chaux, de magnésie et alcalins à l'état de chlorures; l'acidité des eaux n'avait pas permis jusqu'à présent la formation de carbonates de chaux et de magnésie, mais aussitôt que les sulfates acides eurent disparu, transformés en pyrites, les apports par les fleuves de carbonates alcalins permirent, pour la première fois, la précipitation de la dolomite, formant comme un manteau régulier au-dessus de la dernière série supérieure des couches aurifères. Cette couche de dolomite est très puissante; elle représente, en effet, l'immense somme de chaux et de magnésie que les eaux acides de l'ancien océan avaient pu extraire des calcaires roulés provenant des anciennes montagnes, aussi bien que des roches d'attaque moins facile. Ce banc dolomitique épouse tous les reliefs superficiels des couches supérieures du Black reef; on n'y a pas encore trouvé de fossiles, mais il me semble que cela provient simplement de ce qu'il n'a pas été fouillé d'une manière appréciable; car, au moment de la formation de cette dolomite, les eaux d'où elle était précipitée ne devaient point s'opposer à l'existence d'êtres organisés de grande taille.

Nous nous empressons d'ajouter au sujet de ce banc dolomitique que, pendant qu'il se formait lui-même, les eaux pouvaient encore être plus ou moins chargées d'or en dissolution, bien que leur acidité première se fût trop fortement atténuée pour s'opposer à la précipitation des carbonates de chaux et de magnésie; et, en effet, il y aurait eu, d'après ce que nous allons dire, des dépôts d'or précipité en même temps que la dolomite et des alternances de dépôts de dolomite et de conglomérats.

Pendant un séjour de deux mois que M. P. Garnier fit dans le district de Klerksdorp (mars et avril 1895), à 120 *km* environ au sud-ouest de Johannesburg, le directeur de la mine de « Klerksdorp Gold and Diamond C° », lui fit constater que la dolomite formait des bancs alternant avec des conglomérats.

C'est là un fait qui n'a pas encore été signalé le long du Witwatersrand, mais que nous avons trouvé sur une bien plus vaste échelle dans le district aurifère de « Lydenburg », au nord-est du Transvaal et à 200 *km* de Johannesburg; ici les bancs dolomitiques sont nombreux, alternant avec des bancs de schistes, grès et quartzites aurifères; bien plus, ces dolomites sont aurifères elles-mêmes. L'horizontalité des couches du Lydenburg, qui se poursuit sur de très grandes longueurs, la finesse des grains constituant les grès et schistes de cette formation, indiquent nettement que ce sont là des dépôts de *haute mer*, c'est-à-dire assez loin des embouchures des cours d'eau *(fig. 15)*. Des sondages plus ou moins éloignés de Johannesburg, au sud, feraient sans doute découvrir des dépôts analogues à ceux du Lydenburg ; on a trouvé pourtant aussi dans ce district des conglomérats aurifères exploitables, mais nous n'avons pu les visiter; leur étude sera pourtant très intéressante pour marquer encore un emplacement de rivage des anciennes masses d'eau aujourd'hui partout comblées.

Fig 15



1.2.3.4 Couches de quartz aurifère compris entre schistes et grès

Coupe idéale, district de Lydenburg, montrant la coupe des terrains du Nord au Sud depuis Pilgrim's Rest jusqu'auprès de Lydenburh

Mais le « Lydenburg » offre encore une particularité que nous ne saurions passer sous silence: on y trouve des quartzites aurifères, en bancs stratifiés nettement, dans des grès qui sont eux-mêmes aurifères, et cet ensemble peut se suivre sur des dis-

tances considérables; or, la roche de ces quartzites est identique à celle des filons; le quartz y est même souvent hyalin, cristallisé et compact; ces quartzites ne seraient donc qu'un dépôt précipité de silice gélatineuse, durcie par le temps et la compression et provenant de la décomposition de silicates dont les éléments basiques se sont dissous. Nous avons eu plusieurs fois l'occasion de constater cette séparation naturelle de la silice de ses bases, et nous avons signalé le fait au sujet de la Nouvelle-Calédonie, où il est fréquent; mais au Lydenburg ce phénomène semble s'être exercé sur une vaste échelle. Je pense depuis longtemps que dans la formation des filons aurifères on a attribué trop d'importance aux actions ignées et les dépôts du Lydenburg me donnent raison. D'ailleurs, aujourd'hui, beaucoup de géologues, (sauf dans le cas, bien entendu, où l'or est accompagné, comme à Cripple Creek, en Amérique, de tellure qui le rend volatil et lui consacre une origine ignée), en arrivent à considérer les filons comme des dépôts par voie chimique, et l'on a pu, dans ces derniers temps, reproduire artificiellement des quartz aurifères (1).

En résumé, l'opinion que nous avons essayé de faire prévaloir depuis l'année 1891, à savoir que les gaz émis par les substances organisées déposées au sein des eaux précipitaient l'or et les métaux associés de leurs solutions naturelles, se trouve tout à fait applicable aux mines d'or du Sud de l'Afrique, et cette opinion commence à être de plus en plus partagée par les géologues. J'ajouterai que ce fait est loin d'être cantonné à l'Afrique du Sud, nous avons déjà en mains de nombreux documents ou spécimens de roches qui nous permettraient d'établir que l'on retrouve la même cause produisant les mêmes effets, notamment en Australie, en Californie et en Sibérie. La deuxième opinion que nous avons émise dans le cours de cette étude, consiste à établir que chaque fois qu'un ancien bassin, lac ou mer profonde, s'est peu à peu comblé par les apports d'un cours d'eau rapide, une nappe épaisse de matières vaseuses mélangées à des détritus organiques couvrait le fond sur lequel reposaient directement les eaux, bien en avant des points où les matières minérales plus volumineuses s'étalaient en couches successives plus ou moins inclinées sur l'horizon. Cette couche vaseuse, refoulée plus tard en avant par le poids des couches minérales formant des estuaires à marche

(1) M. J. C. F. Johnson a exposé à l'Institut Géologique Impérial (Australie), des quartz aurifères artificiels à la fin de 1895 (*Australian Mail* 1896 — 20 février). M. E. Cumenge a présenté des quartz aurifères artificiels à l'Académie des Sciences (10 février 1896).

en avant lente, mais continue, était parfois partiellement emprisonnée sous leur masse pour se relever ensuite au travers des couches, pénétrant leurs failles, s'infiltrant entre elles, alors qu'elles n'étaient pas encore durcies, en un mot devenant un agent de dislocation et une matière de remplissage des fentes ou des interstices : comme ces vases plastiques prenaient par la compression une grande cohésion, elles peuvent aujourd'hui être confondues aisément avec certaines roches éruptives amorphes. Les faits que nous avons signalés dans les mines de diamant et dans la Mine du Champ-d'Or, ne sont certainement pas isolés; en tous cas ils sont probants, et nous espérons que les géologues qui étudient aujourd'hui avec tant d'ardeur la stratigraphie du Transvaal seront à même d'élucider peu à peu cette théorie; malgré, je suis le premier à le reconnaître, ce qu'elle a d'osé en ce qui concerne surtout la genèse que j'attribue au diamant : il répugnera même *à priori* à certains esprits de penser que la plus belle et la plus recherchée de nos pierres précieuses aurait une origine aussi vulgaire. Je ne voudrais pas terminer sans indiquer le rôle considérable que jouent et ont joué jusqu'ici au Transvaal les gens de notre profession, et si les capitalistes leur ont fourni le moyen d'agir, il n'en est pas moins vrai qu'ils se sont trouvés à la hauteur de leur tâche. Il est seulement à désirer que les ingénieurs français prennent un peu plus d'importance au Transvaal, à la fois par leur nombre et par l'importance des fonctions qui leur seraient confiées; il est vraiment bizarre que la nation qui a envoyé le plus de capitaux au Transvaal soit celle qui y soit le moins représentée comme classe dirigeante, et notre but sera atteint si cette étude peut contribuer à modifier cet état de chose. On pourra reprocher à ce travail d'être trop théorique, mais il nous a semblé que ce genre d'études est précisément le plus élevé de ceux qui incombent à l'ingénieur, qu'il établit bien la différence entre nous et nos subordonnés, et que c'est seulement par de telles recherches que l'on peut prévoir et assurer l'avenir des grandioses entreprises industrielles qui sont solidaires des riches gisements miniers que nous avons eu l'honneur de considérer ici.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

H.-B. GOVIGNON

PAR

J. DUBUISSON

(E. C., 1861.)

Henry-Bonaventure Govignon, décédé à Paris, le 3 février 1896, était né le 19 avril 1838 au village de Quatre-Champs (Ardennes); il fit ses premières classes à l'école communale du pays, puis acquit dans une institution du voisinage les éléments nécessaires à l'admission aux Écoles d'Arts et Métiers.

Reçu en 1855, à celle de Châlons, il en sortit en 1858, dans les premiers rangs, et de là passa à l'École Centrale des Arts et Manufactures, qui le compte avec honneur dans les Élèves de la promotion 1861.

On peut dire que, dès le début, son éducation fut normalement dirigée vers la carrière de l'Ingénieur, car à la forte et saine instruction qui donne aux recrues des Arts et Métiers la conception du travail manuel, l'École Centrale vint ajouter son enseignement didactique supérieur, complétant ainsi l'élève pour en faire un sujet d'avenir.

Celui qui, dans ses jeunes années, a manié, ou du moins appris à manier le marteau et la lime, la scie et le rabot, est plus apte, par la suite, à apprécier la main-d'œuvre ouvrière et l'apprentissage professionnel est une sorte de « passage dans le rang », qui donne, aux chefs futurs aguerris par cette épreuve, une supériorité indiscutable sur ceux qui n'ont abordé la question que dans les cours et dans les livres et n'ont jamais senti l'outil peser en leurs mains.

Au sortir de l'École Centrale, Govignon entra à la Compagnie de l'Est où il eut à s'occuper d'études et travaux concernant les lignes de raccordement de l'Alsace (Épinal à Aillevillers, Thionville à Carling, Sarreguemines à Niederbronn, etc.); il eut la chance de débuter par les degrés les plus modestes de la hiérar-

chie, circonstance qui a pour résultat inévitable de préparer, pour les échelons supérieurs, des praticiens à la hauteur de leur mission; il fut successivement surveillant-marqueur, dessinateur, opérateur, chef de brigade, puis conducteur de travaux; dans ces phases diverses, il eut à s'intéresser à l'exécution d'un grand nombre d'ouvrages d'art, notamment d'un viaduc en maçonnerie, de 105 *m* d'ouverture (en 7 arches surbaissées au 1/8), jeté sur la rivière et le canal de la Sarre, en courbe de 350 et avec une déclivité de 0,01.

Mais la guerre éclata, et le 8 août 1870, Govignon, engagé volontaire, se rendait à Givet à la disposition du génie militaire; en décembre, il était nommé capitaine et envoyé à Saint-Omer, où il recevait le commandement de la place d'Aire.

Après la guerre, il se retira parmi les siens pour quelque temps; en 1873, il se rattacha à la grande famille des Ingénieurs civils de France, laquelle devrait, sous les larges plis de son drapeau, rallier sans exception tous ceux qui, à divers titres, embrassent, réalisent ou même côtoient la profession d'Ingénieur; puis, marié en 1874, il entra au service de la Compagnie Franco-Algérienne, sur la ligne d'Arzew à Saïda, et enfin à l'Est-Algérien, en 1876, où il fut chargé, comme chef de section, des 44 premiers kilomètres de la ligne de Constantine à Sétif, travail comportant la sortie difficile de Constantine et un grand viaduc sur l'Oued-Bil-Braguetz.

En 1879 il faisait les études de Sétif à Bougie, en 1880 celles de Batna à Biskra, en 1881 celles de Bougie à Beni-Mansour.

En 1882 il avait à surveiller l'exécution du tunnel de 2 300 *m* qui traverse le col du Teniet-el-Merdj ainsi que les travaux de la descente dans la vallée de l'Oued-Chebba, avec nombre de viaducs importants, et une partie des ouvrages caractérisant le passage très accidenté du défilé des Portes-de-Fer; tous ces travaux furent exécutés pendant que se poursuivaient simultanément les études entre Beni-Mansour et l'Azib-ben-Ali-Chérif.

Nommé chef de section principal, il continua le même service dans les mêmes parages et, en plus, dans la vallée de l'Oued-Mahrir, au delà de Beni-Mansour.

En résumé sa tâche a comporté, en cette période, 1 000 *km* d'études et près de 350 *km* de construction, labeur dont les éléments présentent des tranchées de 50 à 120 milliers de mètres cubes, puis 21 viaducs en maçonnerie, de trois à sept arches et de 24 à 105 *m* d'ouverture, puis 25 viaducs à tablier métallique, de

10 à 300 *m* d'ouverture, 3 tunnels et enfin une dépense de 25 millions pour terrassements et ouvrages d'art, en dehors de la voie et des tabliers métalliques.

Au 1er avril 1887, Govignon fut nommé Ingénieur de la ligne des Ouled-Rhamounn à Aïn-Beïda (92 *km*) et du tronçon de la ligne Batna-Biskra, entre El-Kantara et Biskra (59 *km*).

En 1890, tous ces travaux terminés et réglés, quittant l'Est-Algérien où la période de construction avait atteint sa fin, il partit pour la Turquie comme Ingénieur divisionnaire chargé du service financier de la ligne de Salonique à Monastir et, en plus, d'une division de 100 *km* de développement; tout fut achevé en 1893, à la satisfaction du Gouvernement Turc qui offrit à notre Collègue, en témoignage de reconnaissance, la décoration de commandeur de l'Ordre impérial du Medjidié.

Là s'arrêta son rôle de constructeur de voies ferrées, mais ce qu'il faudrait pouvoir rapporter ici et ce que cette notice, trop courte, ne permet pas de faire, ce sont les mille incidents de cette existence si laborieuse et si mouvementée; ce sont les fatigues éprouvées sous le climat de l'Algérie et doublées en quelque sorte par l'ardeur du travail sous l'aiguillon de la responsabilité et dans le rêve de mener tout à gloire et à bien; ce sont les fièvres paludéennes contractées à l'Oued-Fergoug, à la base du barrage de l'Habra; c'est le campement de Baraouïa, près du Kroubs, avec des courses à cheval de 40 à 65 *km* par tournée; ce sont les tempêtes essuyées au pied du Djebel-Tafat, alors que les vivres manquent et que les mulets de la caravane en retraite enfoncent dans la neige jusqu'au poitrail; c'est la vie aux portes des gorges sauvages du Guergour avec les fauves hurlant aux abords du camp, c'est le passage des oasis à travers des paysages enchanteurs ou de troublants mirages, c'est la succession de l'été torride à l'hiver pluvieux, c'est l'existence rude du travailleur quittant l'air pur du dehors pour l'atmosphère chaude et malsaine des tunnels, chargée des vapeurs de la dynamite et d'émanations mélangées, du travailleur descendant en des puits profonds, par des bennes balancées au bout de câbles à oscillations discordantes, du travailleur affrontant tout, pestilences, fumée, éboulis éventuels, tout, enfin, pour « donner le point » et réussir triomphalement la percée et ses raccords; c'est, en plus, l'élan qui entraîne le constructeur digne de ce nom dans la folie quasi-héroïque d'avoir partout des chantiers bien organisés, des ateliers bien compris, des travaux bien conçus et surtout, « consciencieu-

sement » exécutés, noble ambition sans doute mais qui tue l'homme ou tout au moins l'use, même à son insu.

C'est enfin l'activité matérielle qui fit faire à notre Collègue, d'après ses notes, en tournées de service sur les travaux 71 500 *km* (presque le double du tour de la Terre) et 75 500 *km* en voyages de terre et de mer.

Aussi, sur la fin de 1893, il était bien temps que Govignon prît au pays natal un repos mérité. Toutefois, la non-activité n'allait pas à ce travailleur insatiable pour ainsi dire; c'est pourquoi, dès 1895, rentré à Paris, il suivit les cours de l'École d'Application annexée récemment au Laboratoire central d'Électricité.

Déjà il se proposait de repartir pour les Pays du Soleil et même étudiait la langue espagnole qui aurait pu lui être de quelque utilité. C'est alors que la Destinée implacable lui a barré la route; il avait bravé depuis les chaleurs excessives de l'Algérie jusqu'au climat humide de Salonique et résisté à toutes les fatigues matérielles ou morales; en trois jours, une congestion pulmonaire eut raison de son endurance passée et de ses rêves à venir.

C'était écrit; on peut tout contre tout, excepté contre le destin.

Et maintenant que la fatalité a rendu son arrêt sans appel, si l'on reporte un regard en arrière sur cette existence si bien remplie, on y trouve non seulement un enseignement pour le présent mais encore un exemple à recommander à nos successeurs.

Nous ne pouvons ouvrir ici une correspondance de longue date, vrai sanctuaire de précieux souvenirs, mais qu'il nous soit permis du moins de citer ses propres pensées lorsqu'en décembre 1893 il revit dans un banquet de promotion ses camarades de 1861.

« Quand je compare leur petit train-train de Paris avec la vie que j'ai menée, je constate sans aucune amertume qu'ils ont eu plus de loisirs, plus de bien-être, plus de tranquillité, mais en somme ils ont moins vécu que moi. »

Et en cela il avait bien raison, car la vie de l'homme se mesure moins au nombre des années qu'à la somme d'énergie développée et d'impressions ressenties et, si Govignon eût pu écrire ses mémoires, quel intérêt n'auraient-ils pas présenté? c'eut été de la vie vécue, du réalisme didactique, à côté des créations impuissantes de l'imagination surmenée.

Si l'on avait à insister davantage sur le caractère privé de notre regretté Collègue, on pourrait ajouter qu'il fut un soutien pour ses jeunes camarades d'école, qu'il fut bon et loyal pour tous

ceux qui l'ont approché et avec une gaieté où se reflétait l'amabilité du cœur, qu'il eut même sa légende auprès des Arabes lesquels vénérèrent plus d'une fois le « Sidi » leur faisant rendre justice du haut de son cheval blanc.

Laissons plutôt la parole à un électricien qui, à l'École d'application, eut l'heur de connaître cet élève exceptionnel, alors âgé de 56 ans.

« Malgré des séjours prolongés en Algérie et en Turquie, les facultés d'Henry Govignon ne s'étaient nullement amoindries et l'inactivité ne pouvait convenir à une nature comme la sienne. »

« Se rendant compte du rôle prépondérant de l'électricité, cet ingénieur, qui voulait avoir des clartés de tout, se mit à suivre assidûment les cours de l'École qui venait d'être annexée au Laboratoire Central.

» Pendant un an il aida de son expérience le corps enseignant de l'École naissante et prodigua aux élèves les trésors de son inépuisable bonté.

» L'exemple de ce laborieux fut certainement très salutaire aux jeunes gens qui l'entouraient et qui, familièrement, l'appelaient leur Doyen.

» Des hommes comme Henry Govignon font le plus grand honneur aux Écoles et Sociétés qui les ont possédés; dans la métropole et dans les colonies comme à l'étranger, ils portent dignement le drapeau de la France et contribuent largement à la grandeur de la Patrie.

» Puissent les regrets unanimes de tous ceux qui l'ont aimé apporter quelque adoucissement à sa vaillante et dévouée compagne et à sa famille si cruellement éprouvée. »

Et maintenant s'il était accordé à notre amitié personnelle de venir en dernier lieu déposer sur cette tombe trop tôt ouverte l'expression de notre pensée intime tout entière, il faudrait, en appliquant partiellement le mot d'un orateur ancien, la traduire par la formule suprême : Gloire à qui sut comprendre et prouver par sa vie que la religion du travail est bien l'unique et solide grandeur dans laquelle tout homme sensé doive mettre son espérance.

CHRONIQUE

N° 195

Sommaire. — Expériences sur la résistance au feu des piliers de support des magasins. — Chauffage au combustible pulvérulent. — James Abernethy. — Le cheval-mesure du travail des machines. — Le nouveau pont sur le Niagara. — Bateaux sous-marins. — Une pluie salée.

Expériences sur la résistance au feu des piliers de support des magasins. — En avril 1891, un incendie détruisit les magasins à grains situés sur un des principaux quais de Hambourg; ces magasins appartenaient à la ville et, à la suite de cette catastrophe, le Sénat de Hambourg nomma une Commission technique chargée de faire des recherches sur la résistance au feu des piliers métalliques employés dans la construction des édifices de ce genre. Cette Commission a terminé ses travaux et en a consigné les résultats dans un rapport volumineux dont le *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure* a donné un résumé.

Le programme des essais à faire avait été établi dès le mois d'août 1892, mais l'invasion du choléra ne permit d'entreprendre ceux-ci que l'année suivante. On opéra sur les piliers de grandeur naturelle, de 3,50 *m* de hauteur, construits en treillis, du modèle de ceux qui sont employés dans les entrepôts du port de Hambourg. Ces piliers étaient appuyés, contre une solide traverse placée au-dessus, par une pression hydraulique agissant de bas en haut et représentant la charge que le pilier aurait à supporter de la part du plancher dans une construction régulière, cette charge allant de 115 à 130 *t* pour les piliers en fer et de 60 *t* seulement pour les piliers en bois. Les piliers étaient chauffés, à mi-hauteur, par huit brûleurs à gaz contenus dans une enveloppe fermée entourant le support. La température atteinte était constatée par un pyromètre au moment où l'inspection du manomètre de la pression hydraulique, en baissant, indiquait que le pilier commençait à fléchir; la déformation latérale, s'il s'en produisait, était également notée.

On a opéré sur les piliers à treillis nus ou remplis de béton, ou recouverts de divers enduits réfractaires, plâtre, liège, xylotite, béton Monier, ciment d'amiante; les piliers en bois ont été aussi éprouvés nus et recouverts des mêmes enduits.

Les conclusions générales déduites de ces expériences sont que les piliers en fer ont une très médiocre résistance au feu, leur stabilité étant entièrement détruite à une température d'environ 600° C.; quant à l'avantage qu'il y aurait à les remplir de béton, il est si faible qu'on ne doit pas le considérer comme d'une valeur sérieuse. Il en est autrement des enduits extérieurs de matières réfractaires ou mauvaises conductrices, qui se sont montrées susceptibles de préserver le métal contre une élévation dangereuse de la température pendant un certain temps et, par conséquent, de donner une protection efficace contre le feu.

Celles de ces matières qui paraissent avoir produit le meilleur effet sont la composition brevetée de liège de Ganzweig et Hartmann, de Ludwigshafen, et des feuilles de xylotite avec enveloppe en tôle. Ces matières dégagent des gaz inflammables pendant deux heures et demie et laissent un résidu de charbon qui n'est pas altéré par le jet d'une pompe à incendie. Le pilier qui en est recouvert ne cède pas avant quatre heures d'application du feu, alors que dix-sept à trente minutes suffisent pour le détruire lorsqu'il est chauffé à nu.

Après les matières dont il vient d'être question, arrive le béton Monier, appliqué sur 40 *mm* d'épaisseur, qui préserve presque deux heures et demie; les autres substances, plâtre, ciment d'amiante, etc., n'ont donné que de très médiocres résultats.

Les essais faits sur des piliers en bois ont fait voir que, si l'altération commence à une température inférieure à 600° C., la résistance se prolonge plus longtemps qu'avec les supports en fer nus; il n'y a pas d'avantage à les entourer d'une enveloppe métallique. Le chêne paraît, sous ce rapport, donner de meilleurs résultats que le sapin.

Le rapport est accompagné d'une série de tableaux contenant les résultats détaillés des expériences et de planches figurant les dispositions employées pour les essais. La Commission, qui était présidée par M. Andreas Meyer, ingénieur en chef de la ville, fait d'ailleurs remarquer que le rapport est nécessairement incomplet, parce que plusieurs détails importants de la construction des magasins n'ont pas été étudiés dans l'enquête dont elle était chargée, surtout à cause de la dépense exagérée à laquelle on aurait été conduit, mais que, tels qu'ils sont, les résultats de ces recherches seront d'une très grande utilité pour les ingénieurs et architectes qui auront à s'occuper de ce genre de construction. On doit donc beaucoup de reconnaissance au Sénat de la ville libre de Hambourg pour avoir provoqué ces recherches, fourni les moyens de les réaliser et en avoir publié les résultats.

Chauffage au combustible pulvérulent. — On a souvent proposé et même essayé d'employer dans les foyers le charbon sous forme pulvérulente. Dans la séance de notre Société du 2 avril 1875, M. Lavalley a décrit le four à puddler mécanique de Crampton, chauffé au charbon en poudre, et rappelé les essais antérieurs faits sur ce combustible par Corbin-Desboissières.

La maison Bryan, Donkin et C^ie^, de Bermondsey, près Londres, essaie en ce moment un dispositif de ce genre, du système Wegener, déjà employé en Allemagne, et qui présente une très grande simplicité.

Le charbon en poudre est contenu dans des sacs de 25 *kg* environ qu'on vide dans une trémie conique. Cette trémie aboutit à un crible ou tamis de 15 *cm* de diamètre. Le charbon ne traverserait pas ce crible si celui-ci n'était pas soumis à des secousses répétées qui se produisent de la manière suivante : Au-dessus de la trémie est un tuyau d'arrivée d'air de 0,50 *m* de diamètre environ. Dans ce tuyau se trouve une sorte de turbine analogue aux ventilateurs qu'on place dans les fenêtres de certains endroits publics; l'air appelé par le tirage de la cheminée fait tourner cette turbine dont l'axe porte une came qui imprime au tamis

des secousses à raison de 150 à 250 par minute. Le charbon en poudre passe à travers le tamis et se mélange à l'air pour brûler dans la chambre de combustion. Il n'y a ni grille ni porte de chargement; le chauffeur n'a pour tout ouvrage qu'à vider les sacs contenant le charbon en poudre dans la trémie et à surveiller la manière dont s'opère la combustion. S'il n'y a pas assez d'air, ce qu'on reconnaît par une légère production de fumée, on ouvre des prises d'air supplémentaires. Cette précaution est nécessaire parce que les diverses natures de charbon demandent des quantités différentes d'air.

On peut également varier, selon la demande, la quantité de combustible qui passe à travers le tamis en faisant varier l'amplitude des secousses que l'axe de la turbine transmet au tamis au moyen d'une vis à tête moletée qui règle l'action de la came. Il n'y a aucune production de fumée et le chauffeur n'ayant que très peu à faire peut surveiller un certain nombre de chaudières. L'analyse des gaz de la combustion indique, par la proportion d'acide carbonique supérieure à celle qu'on obtient avec le chauffage ordinaire; que la combustion s'effectue dans de très bonnes conditions.

James Abernethy. — La Société des Ingénieurs Civils de France a reçu, dans sa séance du 20 de ce mois, communication du décès de M. James Abernethy, un de ses membres étrangers les plus distingués. Le défunt avait fait une brillante carrière comme *Civil Engineer*, c'est-à-dire dans l'étude et l'exécution des travaux publics, ports, docks, etc., carrière couronnée par la présidence de l'*Institution of Civil Engineers*. Il nous a paru convenable qu'il restât dans les publications de notre Société un peu plus que les deux ou trois lignes de mention auxquelles nous venons de faire allusion et nous empruntons, à cet effet, aux journaux anglais et notamment à l'*Engineering*, quelques détails sur la vie de notre regretté Collègue.

Abernethy était né à Aberdeen en 1814; son père, Ingénieur-mécanicien, avait un petit atelier dans cette ville et la quitta en 1823 pour aller aux forges de Dowlais, d'où il vint à Londres en 1828 pour diriger une fonderie de fer dans Southwark. James Abernethy et son frère plus jeune furent alors placés dans une pension située à Catherstone et qui paraît avoir servi de type à Charles Dickens dans sa description de l'institution de Dotheboys, tenue par l'excellent M. Squeers, dans le célèbre roman *Nicolas Nickleby*. Ils n'y restèrent heureusement pas longtemps, car un oncle clergyman, ayant eu occasion de venir les voir, se rendit bien vite compte de l'état réel des choses et les emmena hors de cet enfer pédagogique pour les mettre à l'école de sa paroisse.

Après deux ans d'une instruction très élémentaire, James Abernethy alla rejoindre son père qui était alors attaché comme Ingénieur à la construction des London Docks et entra comme apprenti dans les bureaux de M. Richard Palmer où il se rencontra avec des jeunes gens dont plusieurs devinrent des Ingénieurs éminents, Bidder, Wickstead, William Barlow, etc. Il commença sa carrière active en 1839 comme *assistant engineer* à la construction des docks de Goule, puis au Aire and Calder Canal et au North Midland Ry et devint, en 1840, *resident*

engineer à la construction du port d'Aberdeen. C'est là que son intelligence et son travail lui valurent un succès décisif pour sa carrière.

La commission supérieure des travaux avait ouvert un concours pour la transformation d'une partie de l'avant-port en un bassin à flot. Le projet d'Abernethy fut classé le premier, mais, avant de passer à l'exécution, on jugea nécessaire de soumettre ce projet à l'examen d'un grand Ingénieur de Londres qui en fit une critique impitoyable. Heureusement, l'auteur était capable de défendre son œuvre et il le fit avec tant de vaillance qu'il convainquit la commission, son projet fut adopté définitivement et il fut chargé de l'exécuter. Abernethy avait alors vingt-huit ans et, dès lors, il n'occupa plus jamais de positions en second.

Les travaux d'Aberdeen durèrent plusieurs années, mais, pendant leur exécution, le jeune Ingénieur s'occupait d'autres affaires comme Ingénieur-Conseil. Il serait trop long de mentionner les travaux auxquels il fut mêlé plus ou moins activement; citons, au hasard, les ports de Liverpool, Birkenhead, Glasgow, Bristol, Newcastle, Belfast, Swansea. On peut citer comme détail intéressant qu'en 1853, alors qu'il était Ingénieur en chef des docks de Birkenhead, et qu'il était question de l'exécution d'un grand bassin à flot, il se trouva en opposition avec les grands Ingénieurs Rendel et Robert Stephenson, au sujet de certains détails de l'exécution. Il fut d'abord assez heureux pour faire rejeter le plan de ses adversaires, mais un changement dans les autorités supérieures qui avaient le dernier mot de l'affaire, fit adopter ce plan; il fut mis à exécution et l'événement donna raison à Abernethy, car lors de l'inauguration du travail, il se produisit un accident grave dont les conséquences eussent pu être terribles et dont la cause était dans le point dangereux signalé par Abernethy.

En 1854, il s'installa définitivement à Londres où il ouvrit un bureau d'Ingénieur dans Westminster. Les travaux qu'il étudia et dont il surveilla l'exécution sont innombrables, nous nous bornerons à citer les formes sèches de Birkenhead, l'agrandissement des docks de Newport et l'établissement d'une machinerie hydraulique pour l'embarquement du charbon, les travaux des ports de Silloth, de Watchet, de Falmouth, de Strauraer, de Port-Patrick, etc.

En 1861, Abernethy alla en Espagne pour les études de divers chemins de fer et ports ; en 1862, il fut chargé de l'étude et de l'exécution du chemin de fer de Turin à Savone, ligne de près de 200 *km*, à travers une contrée extrêmement accidentée. A la même époque, il fut nommé Ingénieur-Conseil du Canal Cavour destiné à l'irrigation au moyen des eaux du Pô. En 1867, il alla en Egypte pour étudier la question du port d'Alexandrie et l'année suivante il étudia, avec Sir John Fowler, la grosse question de la traversée du Pas-de-Calais par des bateaux porte-trains, question qu'il soumit alors à Napoléon III et qui aurait peut-être, sans la guerre de 1870, reçu immédiatement une solution qui n'a pas encore été réalisée.

On peut citer encore parmi les questions auxquelles Abernethy a été mêlé plus ou moins activement, la régularisation du Danube, l'amélioration du port d'Ostende, le Canal de Manchester, les docks de Swansea, de Hull, de Bute, les ports de Torquay, de Margate, etc. On peut dire

que sur quatre-vingt-deux ans d'existence, Abernethy a eu soixante-neuf années d'incessante activité. Il est mort en pleine vigueur et en plein travail, le 8 mars dernier, des suites d'un refroidissement accidentel. Admis en 1845 dans l'*Institution of Civil Engineers*, il en avait été nommé Président en 1881. Il faisait partie depuis 1879 de notre Société dans laquelle il avait été reçu sur la présentation de MM. Chapman, Farcot et Tresca.

Le cheval mesure du travail des machines. — Plusieurs publications techniques ont récemment reproduit un article du journal *Prometheus*, dans lequel on attribue à Watt la première idée de l'emploi de l'expression de cheval-vapeur comme mesure de la puissance des machines.

Présentée sous cette forme, l'assertion est inexacte; Watt a fixé la valeur du cheval au taux en usage actuellement, mais l'expression était en usage avant lui; elle remonte, en effet, à l'introduction même de la machine à vapeur dans l'industrie et, comme cette machine était destinée à remplacer des chevaux qui agissaient sur des manèges pour élever l'eau prise dans des puits, il était naturel de spécifier le nombre de chevaux que la machine était susceptible de remplacer.

Nous trouvons à ce sujet ce qui suit dans l'*Histoire descriptive de la machine à vapeur*, de R. Stuart (édition française de Malher, Paris, 1827) : « Il fallait un terme de comparaison pour donner une notion exacte de l'effet de la nouvelle machine; Savery introduisit l'expression *force de cheval* qui a été adoptée généralement. On employait un certain nombre de chevaux pour élever une quantité donnée d'eau à une certaine hauteur; ainsi une machine à vapeur de la construction de Savery s'appelait une machine de la force d'un ou de deux ou de trois chevaux, parce qu'elle élevait l'eau qu'on avait élevée jusqu'alors en employant un ou deux ou trois chevaux. » Savery dit, de plus, dans son ouvrage *Miner's friend*, publié en 1802 : « Lorsqu'une machine élève autant d'eau que deux chevaux travaillant ensemble pendant le même temps pourraient le faire, comme ces deux chevaux seraient nécessairement relayés, et que, pour obtenir constamment le même résultat, il faudrait employer dix ou douze chevaux, je dis qu'une semblable machine fait l'ouvrage ou le travail de dix ou douze chevaux. C'est là la véritable mesure de la force d'une machine comparée avec la force des chevaux. »

La traduction française ajoute à la suite de cette explication de Savery : « Les ingénieurs modernes, en partant du même point de comparaison, ont une autre manière de faire l'estimation; ils prétendent qu'une machine a une force de cinquante chevaux lorsqu'elle peut élever en huit heures autant d'eau que pourraient le faire cinquante chevaux qui travailleraient le même laps de temps tous les jours; mais, comme la machine peut travailler pendant vingt-quatre heures de suite, il faudrait alors cent cinquante chevaux par jour pour donner la même quantité d'eau, et ce serait, à la manière de Savery, une machine de la force de cent cinquante chevaux. »

D'après ce qui précède, il semble que si Savery a été le premier à traduire en chevaux la puissance des machines à vapeur, il le faisait

simplement à titre d'équivalence, ou d'assimilation, par rapport au travail effectué par les chevaux. Smeaton, au contraire, qui a été le premier à employer l'expression de puissance mécanique pour désigner le travail d'une machine, a introduit l'expression *horse power* d'où nous avons fait cheval-vapeur comme unité destinée à mesurer cette puissance, et il l'a fixée au taux de 250 hogsheads d'eau élevés à 10 pieds de hauteur par heure; le hogshead étant une mesure de capacité de 238,5 *l*, le cheval de Smeaton équivalait à 182 800 *kgm* par heure, alors que notre cheval actuel représente 270 000. Cette appréciation était basée sur un résultat expérimental obtenu par Smeaton, savoir qu'un cheval élevait 22 000 *l* à un pied par minute.

Le travail d'un cheval animé est excessivement variable, suivant la force de l'animal, et surtout suivant le temps pendant lequel il travaille, etc. Alors que Smeaton trouvait le chiffre de 22 000 livres-pieds par heure, Desaguliers donnait successivement 44 000 et 27 500, Saussure, 34 020, la Société des Arts, 21 120, Tredgold, 27 500, etc.

Simms, chargé de la construction d'un tunnel sur le South Eastern Railway, employant des chevaux pour l'épuisement des puits, obtint les chiffres suivants :

Cheval travaillant	8 heures.	23 412	pieds livres par heure
—	6 —	24 360	— —
—	4 — 1/2	27 056	— —
—	3 —	32 943	— —

Ces chevaux pesaient 525 *kg* en moyenne et étaient abondamment nourris et bien soignés.

Comme nous l'avons dit au début de cette note, la valeur actuelle du cheval, 33 000 pieds-livres par minute, ou 76 *kgm* par seconde (à laquelle nous avons substitué, en France 75 *kgm* par seconde ou 270 000 par heure), est due à Watt ou, plus probablement, à Boulton, son associé.

Il était très important, dit Stuart, que la nouvelle machine se présentât, dès ses débuts, dans des conditions favorables sous le rapport de la puissance, comparativement à celle des chevaux qu'elle était appelée à remplacer ; il fallait donc que la valeur du cheval mécanique fût notablement supérieure à celle du cheval animé. Le travail maximum que pouvaient donner, dans un très court espace de temps, les plus forts chevaux que les brasseurs de Londres employaient à élever l'eau pour les besoins de leurs fabriques, ayant été de 33 000 livres élevées à un pied, par minute, c'est ce chiffre que Boulton et Watt adoptèrent pour la valeur du cheval mécanique, chiffre très notablement supérieur à celui du cheval animé travaillant dans des conditions pratiques, qui varie de 22 000 à 27 000 livres élevées à un pied, par minute.

Le rôle de Boulton et Watt, dans la question du cheval mécanique, se borne donc à avoir donné à cette expression, connue et employée avant eux, la valeur numérique qui lui est encore attribuée aujourd'hui.

Le nouveau pont sur le Niagara. — On va commencer prochainement la construction d'un nouveau pont sur le Niagara, pont qui sera remarquable à différents points de vue. Nous empruntons les détails suivants, sur ce grand ouvrage, au *Railroad Gazette*.

Ce pont, en arc, n'aura qu'une arche, mais n'aura pas moins de 256 *m* d'ouverture entre les axes des articulations extrêmes, et de 45,75 *m* de hauteur entre les mêmes axes et le milieu de l'arc à la clé. Ce dernier point se trouvera, par suite, à 51,85 *m* au-dessus de l'étiage. Les arcs auront 7,90 *m* de hauteur et se trouveront écartés de 20,80 *m* d'axe en axe aux retombées, et de 7,90 *m* seulement à la clé. Ils porteront un tablier de 14 *m* de largeur, divisé, dans le sens de la longueur, en trois parties.

La partie centrale, de 7 *m* de largeur, recevra deux voies pour des trams à trolley ; de chaque côté est une voie pour les voitures, de 2,40 *m* de largeur, et, en dehors, un trottoir de 1,10, pour les piétons ; ces trottoirs sont surélevés de 0,15 *m* par rapport à la chaussée, et bordés de balustrades en fer.

On peut juger des dimensions de cet arc en les comparant à celles des plus grands ponts analogues construits jusqu'ici.

	Ouverture.	Hauteur.
Pont Luis Ier (Portugal	172,60 *m*	44,50 *m*
— de Garabit (France)	165,30	52,90
— Maria Pia (Portugal).	160,00	37,00
— de Saint-Louis (Etats-Unis) . . .	158,60	14,33
— Washington (Etats-Unis).	155,50	28,10
— de Paderno (Italie).	150,00	37,50
— de Rochester Park (Etats-Unis) . .	130,50	20,45

Le grand arc sera accompagné de deux travées droites, l'une sur la rive américaine, de 58 *m* de longueur, l'autre sur la rive canadienne, de 69 *m*, ce qui donne une longueur totale d'environ 383 *m*. On estime à 1 800 000 *kg* le poids total du métal qui entrera dans la construction.

Comme il est impossible d'établir des échafaudages sur le Niagara, l'arc devra être fait sans leur secours ; on l'établira en partant de chaque côté et en travaillant en porte-à-faux jusqu'à la réunion au centre.

Les amarrages qui serviront à attacher les câbles pendant la construction sont déjà installés. Les massifs sur lesquels porteront les retombées des arcs sont déjà construits également et le montage de la partie métallique commencera prochainement. La construction de ces massifs représente un travail considérable. La pression exercée par les arcs sur chaque côté, atteindra plus de 2 000 *t*. On a dû descendre les fondations de ces appuis jusqu'au rocher sur lequel on a établi un épais massif de béton portant les appuis en maçonnerie. Ce massif atteint 8 *m* dans sa plus grande hauteur et 13,50 *m* dans sa plus grande longueur.

Le projet de cet ouvrage est dû à M. L.-L. Buck, qui est l'Ingénieur en chef de la construction du nouveau pont à établir sur l'East River, entre New-York et Brooklyn, et qui a construit le pont de Rochester Park qui figure dans le tableau ci-dessus.

Ce pont est destiné à remplacer le pont suspendu actuel qui sert aux voitures et aux piétons, et qui restera en service jusqu'à l'achèvement du nouveau, bien que celui-ci se trouve en grande partie sur l'emplacement de l'autre.

Bateaux sous-marins. — La question des bateaux sous-marins est en ce moment à l'ordre du jour. Tandis que le Ministère de la marine, en France, ouvre un concours pour une étude de bateau de ce genre, les journaux américains annoncent la mise en construction d'un de ces bateaux établi d'après le système Holland et destiné à la marine des États-Unis. Voici quelques détails sur ce nouvel engin.

La coque aurait la forme d'un cigare, ou plus rigoureusenent d'un cylindre terminé par deux cônes allongés. La longueur serait de 24,40 *m* et le diamètre maximum de 3,35 *m*. Le volume total représenterait un déplacement de 138,5 *tx*, et le déplacement du bateau à sa flottaison normale serait de 118,5 *tx*.

Le bordé de la coque est en tôle d'acier de 9 *mm* d'épaisseur rivetée sur des membrures formées de cornières espacées de 0,508 *m*. La partie supérieure, émergée à la flottaison normale, est cuirassée avec une tôle d'acier de 12,5 *mm* d'épaisseur.

Sur les trois quarts de sa longueur la coque est double, avec un intervalle servant de *water-ballast*, cet intervalle est divisé en compartiments étanches; de plus sept cloisons transversales divisent l'intérieur en capacités séparées. Les deux extrémités du bateau se terminent par des armatures coniques en bronze au manganèse sur 1,80 *m* de longueur.

Le moteur se compose de deux machines à vapeur à triple expansion, actionnant chacune une hélice. Ces moteurs agissent pour la navigation à la surface; lorsque le bateau est immergé les propulseurs sont mus par des batteries d'accumulateurs qui servent également à l'éclairage électrique intérieur. Les accumulateurs dont il vient d'être question ont une capacité suffisante pour une marche de six heures à la vitesse de 8 nœuds.

Dans l'intérieur sont disposés des réservoirs contenant de l'air comprimé à la pression de 15 *kg* par centimètre carré, pour servir à la respiration de l'équipage et à d'autres usages.

L'armement de ce bateau se compose de torpilles automobiles et de deux tubes éjecteurs de 0,20 *m* de diamètre, pouvant lancer à une distance de 150 *m*, avec de l'air comprimé, un projectile de 67 *kg*.

Marchant à toute vitesse à la surface, le bateau doit pouvoir s'immerger à la profondeur de 6 *m* dans une durée d'une minute, et un système automatique doit le maintenir à cette profondeur. A la surface, la vitesse doit être de 15 nœuds; à la profondeur de 1 *m*, de 14 nœuds, et le bateau entièrement immergé, de 8 nœuds. La coque est munie de gouvernails horizontaux et verticaux pour permettre d'assurer la direction dans tous les sens.

Lorsque le bateau est à la surface il ne laisse voir que la cheminée et une petite tourelle cuirassée pour le pilote. On estime le coût total de la construction à 750 000 *f*, et l'inventeur s'oblige à payer une amende de 900 000 *f* si les résultats stipulés dans le contrat avec la marine des Etats-Unis et dont les plus essentiels ont été donnés ci-dessus, ne sont réalisés.

Une pluie salée. — Les journaux américains signalent un phénomène singulier qui s'est produit dans l'après-midi du 1er janvier, dans une partie de l'Utah et du Wyoming. C'est une pluie salée qu'on a ressentie de Oyden à Evanston, sur un parcours de plus de 180 *km*. L'eau était assez salée pour que les vêtements des personnes qui avaient été exposées à la pluie fussent, après avoir été séchés, comme s'ils avaient été arrosés avec de la chaux. A Evanston, les croisées des maisons et des magasins étaient couvertes de sel, au point qu'on ne pouvait plus voir à travers les vitres. Le docteur C.-T. Gamble, de Almy, Wyo, dont on ne saurait suspecter la véracité, dit que, dans cette localité, l'averse n'a pas déposé moins de 28 *t* de sel ; il est facile de s'en rendre compte en mesurant la quantité recueillie sur une surface donnée et en la multipliant par la superficie de la ville. Cette surface étant de 23,5 km^2 et la quantité de sel trouvée par kilomètre carré de 1 200 *kg* en nombre rond, on trouve bien environ 28 *t*, soit la charge de 10 voitures.

Cette pluie a duré à peu près deux heures. Quand elle a pris fin, le soleil a paru et à mesure que les surfaces mouillées séchaient, elles prenaient une couleur blanchâtre, due à la couche de sel qui les recouvrait ; voitures, maisons, arbres, poteaux télégraphiques, fils, etc, étaient de cette même couleur. Mais le dépôt de sel sur les poteaux et les isolateurs produisit un effet singulier dans certaines localités où, à la pluie salée avait succédé de la neige analogue. Tant que le soleil donna, la transmission n'éprouva aucune difficulté, mais, à la nuit, l'eau, provenant de la fusion de la neige, gela de nouveau et la transmission se trouva entièrement interrompue, parce que la couche de glace mêlée de sel produisait une communication qui détruisait complètement l'isolement des fils. Après divers essais infructueux pour rétablir les choses en bon état, on dut recourir à une pompe à incendie et laver les poteaux et les supports des fils avec le jet sur une longueur de plus de 60 *km*.

Un fonctionnaire du Rio Grande Western Railroad, donne, à ce sujet, d'intéressants renseignements. En dehors de l'énorme quantité de sel déposé par la pluie, dont il est question, le fait des pluies salées se reproduit assez fréquemment dans le Wyoming. Toutes les fois qu'il pleut ou neige par le vent d'ouest, la pluie ou la neige sont plus ou moins imprégnées de sel, parce que ce vent rase la surface du Grand Lac salé. Ainsi, à Salt Lake City, après une pluie venant de l'ouest, les murs et les fenêtres des maisons sont couverts d'une couches de sel plus ou moins épaisse. Ce qu'il y a de remarquable dans le fait précité, n'est pas l'existence même du sel dans l'eau, mais son transport à plus de 100 *km* de distance. On sait, d'ailleurs, que l'eau du Grand Lac salé est une des plus chargées de sel qu'on connaisse ; elle dépasse en densité l'eau de la mer Morte, et du moment où on admet son entrainement mécanique par les vents à de grandes distances, on ne doit pas s'étonner de la quantité de sel qu'elle peut déposer.

Ces faits expliquent, d'après un correspondant du *Railroad Gazette*, pourquoi dans certaines parties de cette région, notamment au pied de déclivités aboutissant à des plateaux assez étendus, si on creuse des puits, on trouve invariablement de l'eau plus ou moins salée ; la nappe

souterraine provient des pluies qui tombent sur ces plateaux et qui sont elles-mêmes salées.

Ajoutons que le Grand Lac salé, dont la forme est très irrégulière, a une superficie d'environ 5 300 km^2, ce qui représente à peu près neuf fois celle du Lac de Genève, ou, dans un autre ordre de comparaison, onze fois celle du département de la Seine.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1896.

Rapport de M. Chrysson sur **les tables de mortalité** des Compagnies d'assurances à primes fixes sur la vie.

Les Compagnies françaises d'assurances sur la vie se servaient jusqu'à ces derniers temps des tables de Deparcieux et de Duvillard, remontant l'une à 1742, l'autre à 1806, bien que ces tables fussent en désaccord complet avec la réalité contemporaine, surtout eu égard à l'énergie de la sélection qui s'opère dans le recrutement des rentiers viagers. Hors de France, on se servait, au contraire, de tables de mortalité dressées par les Compagnies elles-mêmes au moyen de leurs statistiques.

En 1887, le Gouvernement français a fait établir pour les besoins et la clientèle spéciale de la Caisse nationale des retraites une table dite CR, qui est fort appréciée et rend de grands services. D'un autre côté, le Comité des Compagnies d'assurances à primes fixes sur la vie, composé de la Compagnie Générale, de la Nationale, de l'Union et du Phénix, ont publié en 1887 deux tables, l'une AF pour les assurés en cas de décès, et l'autre RF pour les assurés en cas de vie.

Il est intéressant de citer quelques chiffres comparatifs pour faire comprendre l'intérêt qu'il y avait à avoir des éléments tenant compte de l'allongement de la vie moyenne depuis un siècle.

Si l'on suppose 1 million de personnes à 15 ans, il en resterait à 40 ans :

D'après la table de Duvillard.	698 347
— de Deparcieux	774 764
— AF	837 398
— RF	844 477

Si les chiffres des tables AF et RF diffèrent, cela tient à ce que la mortalité des deux clientèles que ces tables concernent n'est pas la même. Ceux qui s'assurent sur la vie ne le font guère que lorsqu'ils se sentent menacés de quelque atteinte organique, tandis que ceux qui mettent leur bien en viager ne le font que s'ils se sentent bien constitués et en mesure de jouir longtemps de leur rente. Les chiffres ci-dessus extraits des statistiques montrent que cette manière de voir est bien fondée. De nouveaux tarifs, basés sur ces tables, sont actuellement en vigueur.

Rapport de M. S. Pector sur un procédé de **report photographique sur rouleaux ou planches de métal**, de M. A. Villain.

Ce procédé consiste à faire une épreuve sur papier gélatiné; on la tire derrière un cliché en employant un négatif si on désire une gra-

vure en relief et un positif si on veut une gravure en creux. Le développement terminé, on reporte l'épreuve (l'image en contact avec le métal) sur la plaque de cuivre, laiton ou zinc, puis on chauffe cette plaque munie de sa feuille de report sur une plaque de fonte jusqu'à 340 à 400°.

Le papier est détruit et le report photographique adhère sur la plaque à graver qu'on traite par un mordant convenable suivant la nature du métal. Ce procédé paraît devoir rendre de sérieux services à plusieurs industries importantes.

Rapport de M. H. Rouart sur un **appareil chauffe-bains,** de M. Morineau.

Dans cet appareil le chauffage de l'eau se fait au gaz et par le passage en couche mince dans des tubes concentriques; l'action est très rapide; de plus, l'allumage et l'extinction des brûleurs ont lieu par l'ouverture et la fermeture du robinet d'accès de l'eau dans la baignoire.

Recherches expérimentales sur les alliages métalliques.

On sait que la Société d'Encouragement, ayant décidé d'organiser des recherches d'ensemble sur les alliages métalliques, a confié la préparation du programme de ces recherches et le contrôle de leur réalisation à une commission prise au sein de son conseil. Elle s'est assurée, pour la partie matérielle, du concours d'un certain nombre de savants et d'ingénieurs et les ressources nécessaires ont été fournies en partie par la Société elle-même et en partie par des Sociétés industrielles ou des particuliers s'intéressant à ces questions.

Le premier mémoire publié est dû à M. Charpy.

Recherches sur les alliages de cuivre et de zinc, par M. Charpy.

L'auteur s'est proposé de déterminer, pour ces alliages, la relation qui existe entre la composition chimique et les propriétés mécaniques et de comparer la variation des qualités du métal avec celles de la structure, telle que la révèle l'examen microscopique. Il a, dans ce but, adopté le programme suivant : préparer, suivant la marche adoptée pour la fabrication industrielle du laiton en planche de qualité supérieure, des alliages de cuivre et de zinc de compositions régulièrement variées; amener ces alliages, par des martelages et laminages successifs à froid, sans aucun recuit, à un état d'écrouissage aussi accentué que possible. Dans des alliages ainsi préparés, prélever des éprouvettes et les recuire à des températures graduellement croissantes jusqu'au point de fusion, déterminer les propriétés mécaniques et la structure microscopique qui correspondent à ces différents états.

M. Charpy a opéré sur 18 alliages dont la teneur en zinc variait de 0 à 99,6 0/0; il a étudié d'abord leurs propriétés mécaniques par des essais à la traction, à la compression, à la pénétration et au choc; il a ensuite étudié la structure microscopique, ce qui lui a permis d'établir quelques relations entre la structure et les autres propriétés.

Les conclusions générales sont que l'étude de la structure microsco-

pique permet de classer les alliages dont nous nous occupons en trois catégories correspondant à des propriétés mécaniques assez bien définies : 1° les alliages très malléables à froid ; 2° les alliages à grande résistance et 3° des alliages très variables, mais dont le caractère commun est la fragilité, ce qui doit les faire rejeter pour les applications. Ce genre d'observations permet d'ailleurs de reconnaître le mode de fabrication de l'alliage et les traitements divers qu'il a subis, tels que : écrouissage, recuit, etc.

Ce mémoire est accompagné de nombreuses annexes, contenant la description des appareils d'essais, des tableaux, résultats d'expériences, etc.

La trempe de l'acier, par M. H.-M. Howe, mémoire présenté à l'*Iron and Steel Institute* en août 1895 et traduit par M. F. Osmond.

Observations sur le mémoire de M. J.-O. Arnold, intitulé **The influence of Carbon on Iron,** par M. F. Osmond.

Expression de la **charge supportée par l'arbre d'une turbine hydraulique** et effet dynamique de l'eau sur les aubages, par M. Bertrand de Fontviolant.

Emploi des derricks dans les carrières américaines (Extrait de l'*Engineering News*).

Cette note décrit un derrick employé dans les carrières de l'Avondale Marble Company, qui peut soulever 100 *t* avec une volée de 24 *m* de rayon. La machine motrice est de 40 *ch* ; le mât, en sapin, a 31,50 *m* de longueur et 0,79 *m* d'équarrissage à la base ; le bras, de 27 *m* de longueur, a 0,53 *m* de diamètre à la partie supérieure et 0,63 *m* à la base. Des haveuses permettent de détacher les blocs de $9{,}50 \times 2{,}20 \times 0{,}75$ *m*, que les derricks enlèvent.

Machines à grande vitesse de F. Cary (Extrait de l'*American Machinist*).

C'est une machine à vapeur à trois cylindres à double effet, dans lesquels la vapeur est distribuée par des tiroirs à pistons mus par des excentriques. Le cylindre médian est vertical et les deux autres écartés de part et d'autre de 45°. La vapeur agit successivement sur les trois pistons qui ont respectivement 45, 65 et 90 *mm* de diamètre et 65 de course. Les trois cylindres sont dans un même plan perpendiculaire à l'axe. La transmission du mouvement à l'arbre se fait sans l'intermédiaire de bielles par des coulisses guidées agissant sur un bouton unique portant des disques excentrés. Cette machine, qui actionne un ventilateur, tourne à 690 tours par minute.

Drague à succion de Bates (Extrait de l'*Engineering Magazine*).

Cette drague, destinée à l'approfondissement du Mississipi, a des dimensions exceptionnelles : $52 \times 12 \times 2{,}40$ *m*. Elle peut draguer 1 200 m^3 de sable par heure et ses chaudières suffisent pour une puissance de 3 000 *ch*. Les aspirateurs, en communication avec des pompes centrifuges, tracent des sillons de 10 *m* de largeur sur 1,50 *m* de profondeur et peuvent descendre jusqu'à 8 *m*.

Mortaiseuse à chaîne de PARRY.

Dans cette machine, destinée au travail du bois, l'outil est une chaine sans fin, bien guidée, et comprenant des maillons coupants qui agissent sur le bois à mortaiser. On obtient un effet analogue, comme rapidité, à celui de la fraise, le mode d'action étant à peu près le même.

Frein pour ascenseurs de BROOKES (Extrait de l'*Engineer*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

DÉCEMBRE 1895.

Étude sur les **locomotives de grande vitesse,** par M. E. MUSSAT, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La condition essentielle d'une locomotive de grande vitesse étant de pouvoir trainer la plus forte charge possible à la plus grande vitesse, c'est-à-dire, en somme, de pouvoir développer la plus grande puissance possible, le mémoire examine comment cette puissance peut être développée, en étudiant successivement les trois éléments de la machine : l'appareil de vaporisation, la machine proprement dite et le véhicule.

L'appareil de vaporisation se composant de deux parties, le foyer et la chaudière, correspondant à deux opérations distinctes, la combustion et la vaporisation, ces phases de la production de la puissance sont d'abord examinées en détail. On trouve traitées les questions du tirage, de la résistance de la tubulure, des tubes lisses et des tubes Serve, de la surface de grille, du rendement de la combustion, du volume d'air nécessaire à la combustion, du poids de combustible brûlé par mètre carré de grille et par heure; pour la vaporisation, on examine le mode de transmission de la chaleur produite, le rendement de la vaporisation, la température dans la boite à fumée, les expériences du P.-L.-M., les tubes Serve, le réservoir d'eau, etc.

On nous permettra, à ce sujet, une observation. L'auteur insiste avec raison sur l'importance d'avoir une grande masse d'eau dans la chaudière, mais il ne fait pas la moindre allusion à la surface de niveau d'eau et au rapport entre cette surface et la surface de chauffe, rapport qui règle les conditions d'émersion de la vapeur produite et qui joue un rôle très important dans la qualité de la vapeur et, par conséquent, dans sa bonne utilisation. Il y a vingt ans que nous saisissons toutes les occasions de signaler l'intérêt de ce point que beaucoup d'auteurs croient pouvoir encore passer complètement sous silence. Or il n'y a pas de corrélation entre ces deux éléments, le volume d'eau et la surface de niveau d'eau, il peut même y avoir opposition; ainsi, si on élève le niveau dans le corps cylindrique, on augmente la masse d'eau, mais on diminue la surface d'émersion et inversement.

Au point de vue de la machine, le mémoire étudie les diverses phases

du travail de la vapeur dans les cylindres et rapporte quelques observations que l'auteur reconnait lui-même être très incomplètes. Ses conclusions se ressentent de cette incertitude. Toutefois, il parait admettre que l'emploi du système compound à quatre cylindres entraine un avantage appréciable au point de vue de la résistance au roulement de la machine et de son tender, grâce à la réduction du poids du moteur pour une puissance utile donnée et que, si le rendement de cette machine est, comme il semble, supérieur, c'est sous cette forme qu'on réalisera le problème consistant à développer la plus grande puissance possible à la barre d'attelage du tender.

Note sur la **limite de déclivité** à adopter pour les **tramways urbains à adhérence,** par M. F. Denizet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La question de la limite des déclivités a beaucoup plus d'intérêt au point de vue de la descente que de la montée. Avec des voitures automobiles, on peut, en effet, monter des rampes presque égales à l'adhérence; mais le point de vue de la sécurité doit être pris en considération pour la descente.

On dispose, pour arrêter ou ralentir la vitesse, du frein et du renversement de la force motrice. L'effet du frein est réglé par l'adhérence, et celui du renversement de la force motrice également. Bien que les chiffres déduits de la théorie et de l'expérience sur le frottement varient dans d'assez larges limites, on peut admettre qu'à la condition d'avoir des freins à manœuvre rapide et d'une solidité éprouvée, et de maintenir les rails propres et secs, en les sablant au besoin, on peut descendre des pentes allant de 6 à 10 0/0. Au delà, il serait sage de renoncer à l'adhérence et de recourir à la crémaillère ou au câble.

ANNALES DES MINES

12e livraison de 1895.

Notice historique sur Pierre-Louis-Antoine Cordier, Inspecteur général des Mines, membre de l'Académie des Sciences, par M. J. Bertrand, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. (Lue dans la séance publique annuelle du 17 décembre 1894.)

Calcul des **câbles porteurs de plans aériens,** par M. L. Babu, Ingénieur des Mines.

L'auteur examine successivement les questions du câble à vide, de l'action exercée par une charge roulante et du câble en charge.

Pour le câble à vide, la question est simple; les éléments sont la tension à laquelle le câble est soumis par millimètre carré de section et les angles qu'il fait avec l'horizon. L'auteur donne ici la résolution de

divers problèmes sur les câbles à vide, puis il examine la question des longueurs maxima des plans automoteurs, celle des câbles franchissant des obstacles saillants, etc., l'influence des variations de température sur la tension des câbles, etc.

La question du câble en charge donne lieu à deux problèmes; la charge qu'on peut imposer à un câble existant et le diamètre à donner à un câble projeté pour porter une charge déterminée. Ces questions se complètent par celle de la trajectoire parcourue par le chariot dont la détermination est donnée et qui peut parfois présenter quelque intérêt.

Note sur **les essais comparatifs faits à la Compagnie d'Orléans** sur une locomotive munie de la distribution à tiroirs d'admission et d'échappement indépendants (système Durant et Lencauchez) et sur une locomotive à distribution à tiroir à coquille, par M. Ernest Polonceau, Ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer de Paris à Orléans.

Ces essais comparatifs ont été faits en septembre et en octobre 1894, au moyen de wagons dynamomètres pour relever les efforts de traction au crochet d'attelage du tender et d'indicateurs pour constater le travail moteur sur les pistons.

Deux tableaux résument les données et les résultats. Le n° 1 donne les dépenses d'eau ainsi que les éléments employés pour les déterminer; le tableau n° 2 donne le tonnage remorqué, la consommation de charbon, la dépense totale d'eau, les dépenses d'eau et de charbon par cheval et par heure (cheval relevé au crochet d'attelage du tender).

Il résulte de l'examen de ces tableaux que la machine à distribution Durant et Lencauchez a dépensé 11,2 0/0 de moins en eau par cheval mesuré au crochet d'attelage que la machine ordinaire; l'économie de charbon n'a été que de 6,3 0/0, par suite d'une vaporisation inférieure attribuée à l'entartrage des surfaces de chauffe.

L'examen des diagrammes relevés avec les indicateurs donne, par gramme de vapeur. 31,40 *kgm* en moyenne pour la locomotive ordinaire et 34,66 pour la locomotive à distribution perfectionnée, d'où un avantage de 12 0/0 en moyenne pour cette dernière. Il est à remarquer que cette économie est d'autant moins grande que le travail est plus élevé, 16,25 0/0 pour un travail de 4 200 à 5 300 par tour de roues, 10.8 0/0 pour un travail de 5 300 à 6 500 et 9.2 0/0 pour un travail de 6 500 à 10,000, ce qui se comprend facilement, puisque l'avantage de cette distribution à tiroirs indépendants se fait sentir surtout aux faibles admissions. Il ne faut pas perdre de vue que les chiffres indiqués plus haut correspondent aux dépenses de vapeur sensibles sur les diagrammes, dépenses qui sont en réalité inférieures aux dépenses réelles, mais qu'on a admis, dans ce qui précède, leur être proportionnelles. Il nous semble que l'emploi simultané de l'indicateur et du wagon-dynamomètre, qui ne paraît pas avoir eu lieu, eut jeté un jour très intéressant sur la question en permettant d'apprécier les proportions du travail total absorbées par la mise en mouvement du train et de la machine et apporté un supplément précieux à des documents qui ne sont pas très abondants. Il est vrai qu'il ne s'agissait ici que d'essais comparatifs entre deux types

de machines différant seulement par le point qui faisait l'objet de la comparaison et que dès lors les valeurs absolues avaient un intérêt secondaire.

1re livraison de 1896.

Les mines d'or du Transvaal : Districts du Witwatersrand, d'Heidelberg et de Klorksdorp, par M. DE LAUNAY, Ingénieur des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines.

L'auteur donne sur cet important sujet, tout d'actualité d'ailleurs, le résultat des observations personnelles qu'un séjour récent au Transvaal lui a permis de faire. C'est un travail très complet qui débute par l'étude de la géologie de la région, des gisements d'or formés, comme on sait, de conglomérats à galets quartzeux ou, plus rarement, de quartzites nettement insterstratifiés qu'on appelle *reefs*, des minerais d'or, de la teneur de ces minerais, et de l'origine et du mode de formation des dépôts et des minerais.

Une deuxième partie est consacrée à l'exploitation et au traitement métallurgique. Le caractère général de l'exploitation est la préoccupation dominante d'aller vite et de rémunérer le plus tôt possible le capital engagé, emploi de perforatrices à l'air comprimé, de puits d'extraction inclinés, etc. L'épuisement est, en général, peu important jusqu'ici, les mines étant très sèches ; le charbon est maintenu à un prix élevé par les tarifs excessifs des chemins de fer et la main-d'œuvre est d'un prix exorbitant (les mineurs cafres sont payés jusqu'à 20,25 et même 30 *f* par semaine, plus la nourriture et le logement). On trouvera des renseignements très détaillés sur le traitement des minerais, notamment sur la dissolution de l'or dans le cyanure et la précipitation, procédé introduit il y a peu de temps et qui a si bien réussi qu'il tend à détrôner tous les autres.

On peut admettre qu'il se perd actuellement, dans les résidus, plus du dixième de l'or. Il y a donc un grand intérêt à traiter ces résidus, et on s'occupe actuellement d'installer des usines pour y appliquer divers procédés de traitement ; peut-être pourra-t-on obtenir les deux tiers de l'or, ce qui représenterait environ 6 0/0 de la totalité. Avec un chiffre de production totale de 180 millions par an, on aurait près de 11 millions, chiffre considérable. On ne peut guère espérer aller au delà, et l'intéret en est d'ailleurs médiocre, puisqu'on n'exploite pas, dans le sol, des couches de minerai ne contenant que 6 à 7 *g*.

Les frais d'exploitation et de traitement des minerais varient actuellement de 22 à 80 *f* et sont en moyenne de 32 à 35 *f* par 1 000 *kg* de minerai. La teneur-limite, à laquelle un minerai paye les frais, est de 10 à 14 *g* ; le surplus constitue le bénéfice.

Nous rappellerons ici que notre collègne, M. Jules Garnier, a fait une intéressante communication sur le même sujet, dans la séance de notre Société du 6 mars dernier.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

FÉVRIER 1896.

RÉUNIONS DE SAINT-ETIENNE

Séance du 1er février 1896.

Communication de M. MAYENÇON sur **la recherche des silicates par électrolyse.**

Le procédé qui fait l'objet de cette communication est fondé sur ce fait, qu'un silicate soumis à l'électrolyse donne de la silice soluble à l'électrode positive, et les autres éléments à l'électrode négative. Pour opérer, il n'est pas nécessaire que les corps soient en dissolution ou fondus, il suffit, d'après l'auteur, qu'ils soient réduits en poudre et mis en bouillie avec de l'eau pure. Cette bouillie est déposée en petite quantité sur une lame métallique rattachée au pôle négatif d'une pile; on la recouvre d'un morceau de papier à filtrer sur lequel on applique une lame en communication avec le pôle positif; on trouve la silice sur la lame positive.

Note de M. BOULANGIER sur le **gisement de pétrole et d'asphalte du Credo.**

Ce gisement, récemment découvert au Credo, dans la zone franche, frontière franco-suisse, contient des couches de sable imbibées d'un liquide minéral visqueux qui est un pétrole riche en paraffine; il a une grande similitude avec le gisement pétrolifère de Pechelbronn en Alsace.

La concession dont il s'agit se trouvant placée entre deux exploitations d'asphalte très importantes, celle de Seyssel (France) et celle du Val de Travers (Suisse), il était naturel de rechercher si on ne trouverait pas la réunion des deux substances pétrole et asphalte.

L'examen de la nature des roches composant l'ossature de la chaine qui s'étend de Pontarlier au Credo et du Credo à Seyssel fait reconnaitre d'une manière continue la formation urgonienne qui est la roche mère de l'asphalte au Val de Travers et à Pyrimont. On a ainsi reconnu une zone asphaltique possédant d'excellents indices.

Industrie de la fonte dans la région de la Sarre et de la Moselle.

Au sujet d'un compte rendu d'un travail sur cette question dû à à M. Th. Yung, directeur des hauts fourneaux de Burbach, travail traduit par M. Jordan, le Président, M. Brustlein, signale que l'*Iron and Steel Institute*, dans sa réunion d'automne 1895 à Birmingham, a, à propos d'une étude sur la thermo-chimie du procédé Bessemer, rendu justice à notre savant Collègue et ancien Président, en constatant que c'est lui, M. Jordan, qui a indiqué et précisé le premier (séance du 20 mai 1869 de la Société des Ingénieurs Civils français) même avant que la puissance calorifique du silicium fût déterminée, le rôle qui devait être attribué à ce corps dans l'opération Bessemer.

Production houillère du Pas-de-Calais et du Nord en 1894 et 1895.

Le premier de ces bassins a produit 10 626 410 *t* en 1894 et 11 097 807 *t* en 1895 ; le second 5 006 253 *t* en 1894 et 5 041 499 *t* en 1895 ; l'augmentation totale est, pour les deux, de 500 000 *t* en nombre rond.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de janvier 1896.

Rapport annuel présenté par M. Walther-Meunier, secrétaire. — Compte de recettes et dépenses du 1er janvier au 31 décembre 1895.

La Société industrielle comptait, au 31 décembre 1895, 544 membres ordinaires, 55 membres correspondants et 7 membres honoraires. Les recettes de l'exercice se sont élevées à 87 265 marks, sur lesquels les cotisations représentent 23 384, les intérêts des fondations 28 257, les loyers 16 437 marks. Les dépenses ont été de 81 357 marks, dont 7 472 pour l'impression du bulletin, 7196 pour les contributions, entretien des bâtiments, etc., 9 219 pour les traitements des agents, 2 322 marks pour le musée d'histoire naturelle, etc., 15 384 marks pour l'école de dessin, 8 426 marks pour l'école d'art professionnel de jeunes filles, 8 306 marks pour la surveillance et l'entretien du nouveau musée, etc. L'excédent des recettes est ainsi de 5 908 marks.

Notice nécrologique sur M. Henry Schwartz par M. Th. Boch.

On sait que M. Schwartz, filateur à Mulhouse, a été assassiné le 7 octobre 1895 par un anarchiste qui s'est ensuite fait justice à lui-même.

Rapport de MM. Albert Scheurer et Eug. Jaquet sur les services rendus par **l'École de chimie.**

Rapport de M. A. Hensler et G. Mercklen, sur la marche du cours de figure et d'ornement et de la section d'art industriel de **l'École de dessin de la Société industrielle** dans l'exercice 1894-1895

Rapport sur **la marche du cours de dessin linéaire,** ar M. A. de Glehn.

Le développement, depuis Jean Dollfus, de **l'œuvre des cités ouvrières** dans les différents pays. Conférence faite à la Société industrielle, dans sa séance du 30 décembre 1895, par M. Georges Picot.

Bulletin de février 1896.

Rapport sur **le viscosimètre** de M. G. Lange, par M. F. Scheurer.

Ce viscosimètre est un densimètre ; pour s'en servir, on observe le temps que l'instrument met à s'enfoncer d'une même quantité dans dif-

férentes solutions d'essai; mais les indications sont influencées par la densité des sels contenus en solution, ainsi que la vitesse de pénétration. On ne peut donc l'employer que pour des gommes pures. Il est donc moins précis pour mesurer la viscosité des épaississants que l'appareil de Ochs; par contre, il permet d'opérer sur un plus petit volume de liquide.

Note sur **l'action du gaz d'éclairage sur les tubes de caoutchouc**, par M. H. Grosheintz.

L'auteur expose que, pour faire un choix entre des tubes de caoutchouc destinés à amener du gaz à des appareils d'éclairage on a à sa disposition deux moyens d'essai : l'incinération d'un échantillon ou l'essai avec un tube ou syphon, où il se produit une dépression plus ou moins forte due à une endosmose ou à une absorption du gaz. On devra prendre le caoutchouc qui renferme le plus de matières fixes ou celui qui donnera le moins de dépression.

On recommande l'emploi du caoutchouc gris et particulièrement de celui de petit diamètre, *4 mm* intérieur et *8 mm* extérieur qui, présentant moins de poids au mètre, absorbera moins de gaz et répandra moins d'odeur.

Note de M. Gassmann, sur un nouveau **mode d'obtention de la naphtaline.**

Note sur **l'enlevage de couleurs à l'albumine**, sur bistre ou manganèse, par M. A. Brand.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 10. — *7 mars 1896.*

Essais comparatifs avec vapeur saturée et vapeur surchauffée sur une machine à triple expansion de 1 500 *ch* de la filature d'Augsbourg, par M. Schröter.

Les machines-outils aux expositions de Carlsruhe et de Strasbourg, par G. Lindner *(fin)*.

Les machines agricoles à la neuvième exposition de la Société allemande d'Agriculture, à Cologne, du 6 au 10 juin 1895, par Grundke *(suite)*.

Épreuves d'absorption sur les huiles de graissage par E. Wiederbold.

Pompes à incendie à vapeur, par J. Beduwe.

Groupe de Wurtemberg. — Condenseur à courant d'eau de Körting. — Discussion d'un projet de loi sur l'usage des eaux publiques.

Bibliographie. — Tissage mécanique, par E. R. Lembcke. — Chauffage et ventilation des bâtiments, par Rolla C. Carpenter (ouvrage anglais).

N° 11. — *14 mars 1896.*

Essais comparatifs avec vapeur saturée et vapeur surchauffée sur une machine à triple expansion de 1 500 *ch* de la filature d'Augsbourg, par M. Schröter *(suite)*.

L'exposition d'électricité de Carlsruhe par Fr. Uppenborn *(suite)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — État actuel de la météorologie en Prusse.

Réunion générale de l'association des maitres de forges allemands à Dusseldorf le 23 février 1896. — Emploi de l'électricité comme force motrice dans les mines et usines métallurgiques.

N° 12. — *21 mars 1896.*

Rôle des écoles techniques supérieures, par A. Riedler.

Essais comparatifs avec vapeur saturée et vapeur surchauffée sur une machine à triple expansion de la filature d'Augsbourg, par M. Schröter *(suite)*.

Déformation des foyers intérieurs circulaires, par C. Bach.

Groupe de la Lenne. — Élévations d'eau par moteurs à benzine. — Rapport de la commission sur la question des écoles de contremaitres.

Réunion générale des maitres de forges allemands à Dusseldorf le 23 février 1896. — Bases de l'approvisionnement en minerais des hauts fourneaux allemands pour le présent et l'avenir.

Bibliographie. — Manuel de physique expérimentale, par A. Wüllner.

N° 13. — *28 mars 1896.*

Concours pour l'établissement d'un pont-route fixe sur le Rhin à Worms, par W. O. Luck.

Rôle des écoles techniques supérieures, par A. Riedler *(fin)*.

Explosion d'un récipient d'acide carbonique liquide et ses causes, par C. Bach.

Installation de moteurs à gaz Dowson à la station centrale des tramways du Zurichberg, par E. Meyer.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Le vol des oiseaux.

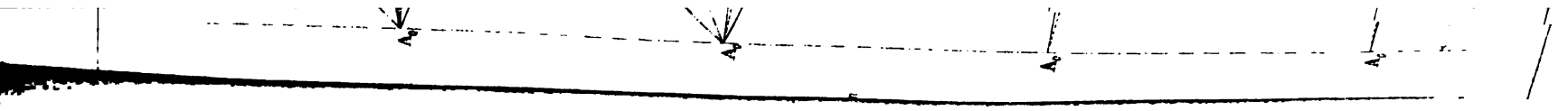
Pour la Chronique et les Comptes rendus :

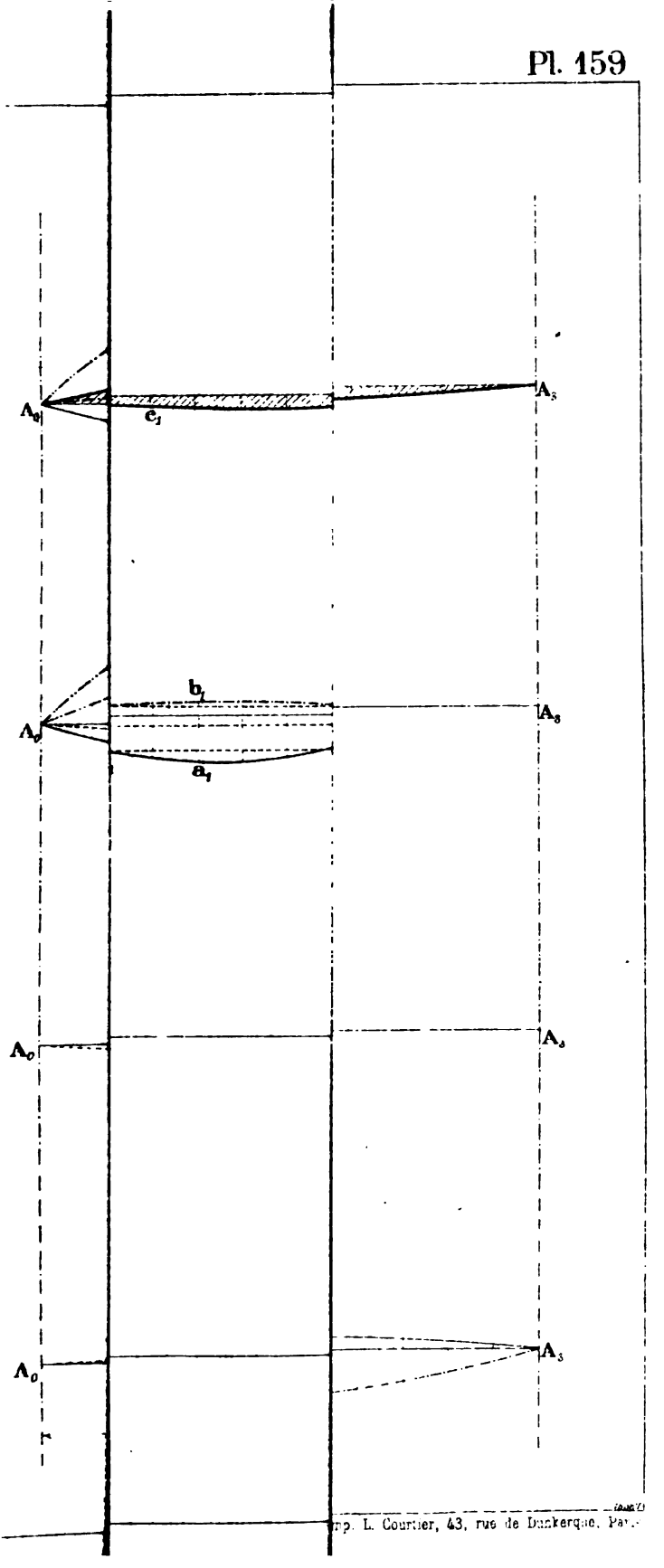
A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

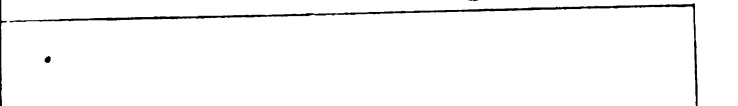
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 0344-3-96. - (Encre Lorilleux.





Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Par...

RAILWAY



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1896

N° 4.

Sommaire des séances du mois d'avril 1896 :

1° *Décès* de MM. J. Belleville, A. Courtin, L. Daguerre-Dospital, A.-P. Frey, P. Jac, Ed. Roy, P. Stilmant (Séance du 10 avril), page 390;

2° *Décorations et Nominations* (Séances des 10 et 24 avril), pages 390 et 394;

3° *Legs de 1 000 f fait par M. Ed. Roy* (Séance du 10 avril), page 390;

4° *Pli cacheté* déposé par M. Theurkauff (Séance du 10 avril), page 391;

5° *Communiqués du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, relatifs à des travaux à exécuter à Lourenço-Marquez (Port du Chemin de fer du Transvaal) et à l'établissement d'un service d'eau à Osaka (Japon)* (Séance du 10 avril), page 391;

6° *Programme du concours international de projets pour la construction du chemin de fer de la Jungfrau (Suisse)* remis par M. Boissonnas (Séance du 10 avril), page 391;

7° *Offres d'emplois pour de jeunes ingénieurs*, adressées par M. E. Flavien (Séance du 10 avril), page 391;

8° *Congrès international de chimie appliqué, à Paris, en 1896.* Nomination de MM. E. Derennes, Ch. Gallois, J. Garçon, P. Gassaud et P. Jannettaz, comme délégués de la Société (Séance du 10 avril), page 391;

9° *Matériel naval du récent conflit en Extrême-Orient, et principalement sur le matériel naval du Japon*, par M. L. de Chasseloup-Laubat (Séance du 10 avril), page 391;

10° *Les grands croiseurs de diverses marines*, par M. G. Hart, et observations de M. L. Molinos (Séance du 10 avril), page 392;

11° *Analyse de l'ouvrage de M. E. Cacheux sur le sauvetage en France et à l'étranger*, par M. Ed. Lippmann (Séance du 24 avril), page 395;

12° *Mécanique des systèmes matériels*, par M. A. Gouilly (Séance du 24 avril), page 396;

13° *Extension possible des différents bassins houillers de la France* (Séance du 24 avril), page 397;

Mémoires contenus dans le bulletin d'avril 1896 :

14° *Résultats d'expérience de communications microtéléphoniques à grandes distances par fil non isolé*, par M. le capitaine Charollois, page 399;

15° *Note sur les grands croiseurs des diverses puissances*, par M. G. Hart, page 404;

16° *Matériel naval du récent conflit en Extrême-Orient et principalement sur le matériel naval du Japon*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 479;

17° *Chronique* n° 196, par M. A. Mallet, page 651;

18° *Comptes rendus*, — page 661;

19° *Tableau et planches* n° 161 à 167.

Pendant le mois d'avril la Société a reçu :

36017 — De M. S. Czyszkowski (M. de la S.). *La venue aurifère de l'Afrique du Sud et Considérations sur les thalwegs et niveaux métallifères, par Stephen Czyszkowski* (in-8° de 34 p.). Paris. Baudry et C^ie^, 1896.

36018 à 36030 — *Journal de la Marine « Le Yacht ». Années 1878 à 1890. Volumes I à XIII*, qui complètent la collection. Paris, Bureau du Journal.

36031 — *Table des matières (Texte, Plans et Dessins) contenus dans les dix premiers volumes du Journal « Le Yacht »* (in-12 de 86 p.). Paris, Bureau du Journal.

36032 — De M. L. de Tetmajer. *Statuts de l'Association internationale pour l'essai des matériaux* (in-8° de 3 p.). Zurich.

36033 — Dito. *Procès-verbaux des délibérations du V^e^ Congrès international pour l'unification des méthodes d'essais des matériaux de construction, tenu à Zurich les 9, 10 et 11 septembre 1895* (in-4° de 20 p.). Zurich, 1895.

36034 — De M. Ed. Wegmann. *The Water Supply of the City of New-York, 1658-1895, by Edward Wegmann* (petit in-4° de 316 p., avec 73 fig. et 148 pl.). New-York, 1896.

36035 — De la Chambre de Commerce de Dunkerque. *Notice sur la ville et le port de Dunkerque, publiée par les soins de la Chambre de Commerce de Dunkerque* (in-16 de 102 p., avec 27 pl.). Dunkerque, Imprimerie Paul Michel, 1895.

36036 — De la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Annuaire pour l'année 1896.* Paris, Chamerot et Renouard, 1896.

36037 — De M. E. Delachanal (M. de la S.). *Ville du Havre. Commission technique d'assainissement. Rapport sur l'assainissement de la ville* (in-8° de 122 p., avec 2 pl.). Havre, Imprimerie H. Micaux, 1896.

36038 — De M. E. Trélat (M. de la S.). *Discours prononcé par M. Émile Trélat, député de la Seine. Séance de la Chambre des députés du samedi 14 mars 1896. Projet de loi relatif à l'Exposition universelle de 1900* (in-12 de 31 p.). Paris, Imprimerie des Journaux officiels, 1896.

36039 — De M. J. Massalski (M. de la S.). *Note pour MM. les Membres de la Commission de revision des cahiers des charges, adjudications et marchés publics, par M. J. Massalski* (in-8° de 10 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1895.

36040 à 36073 — De M. E.-A. Ziffer (M. de la S.). *34 brochures relatives aux chemins de fer d'intérêt local, aux tramways et aux chemins de fer funiculaires.*

36074 — De MM. Brault, Teisset et Gillet (M. de la S.). *Catalogue général illustré des moteurs hydrauliques, turbines et roues de Brault. Teisset et Gillet, ingénieurs-constructeurs, 14, rue du Ranelagh, à Paris* (in-8° de 76 p.). Lyon-Paris, Imp. B. Arnaud.

36075 — De M. A. Gouvy (M. de la S.). *Les progrès de la fabrication de la fonte en Allemagne depuis 1892, par Alexandre Gouvy* (in-8° de 32 p.). Saint-Étienne, Société de l'Industrie minérale, 1895.

36076 — De l'Association internationale pour l'essai des matériaux de construction. *Statuts et État des Membres de l'Association internationale pour l'essai des matériaux, provisoirement clôturé le 1er avril 1896* (in-8° de 26 p.). Zurich, 1896.

36077 — De M. G. Richard (M. de la S.) par MM. Baudry et Cie, éditeurs. *Traité des machines-outils, par Gustave Richard. Tome II. Fraiseuses, meules, taraudage, machines auxiliaires et petit outillage* (grand in-4° de 545 p. avec 2 832 fig. dans le texte). Paris, Baudry et Cie, 1896.

36078 — De l'Association pour prévenir les accidents de fabrique. *Association pour prévenir les accidents de fabrique, fondée sous les auspices de la Société industrielle de Mulhouse. Comptes rendus du 27e et du 28e et dernier exercice. Années 1894-1895.* Mulhouse, 1896.

36079 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les Tramways, voie et matériel, par R. Seguela* (petit in-8° de 181 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1896.

36080 — De M. Ch.-F. Scott. *Long Distance Transmission for Lighting and Power, by Charles F. Scott* (in-8° de 18 p.).

36081 — De Massachusetts Institute of Technology, Boston. *Massachusetts Institute of Technology, Boston. Annual Catalogue 1895-1896.* Cambridge, 1896.

36082 — Dito. *Massachusetts Institute of Technology, Boston. Annual Report of the President and Treasurer, December 11. 1895.* Cambridge, 1896.

36083 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *Inaccessible Maritime Lights, by Elmer Laurence Corthell* (pages 16878 et 16879 du " Scientific American Supplement ", n° 1056). New-York, 28 mars 1896.

36084 — De M. W.-L. Austin. *Nickel. Second Paper. The Nickel Deposits near Riddle's, Oregon, by L.-W. Austin* (in-8° de 27 p.). Denver, 1896.

36085 — Du Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna. *Bollettino del Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna, per il biennio 1894-95, N° 1* (in-8° de 80 p.). Cagliari, 1896.

36086 — De MM. Camilla e Bertolero, éditeurs. *Nuovo sistema di distribuzione elettrica dell' energia mediante correnti alternative, degli Ing. Galileo Ferraris e Riccardo Arno'* (in-8° de 31 p.). Torino, 1896.

36087 — De MM. Marillier et Robelet (M. de la S.). *Palais de cristal de Londres. Exposition internationale de locomotion routière, carrosserie, charronnage, automobiles,* 1896 (in-4° de 8 p.).

36088 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXIII, Part. I, 1895-96.* London, 1896.

36089 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les Radiations nouvelles. Les Rayons X et la Photographie à travers les corps opaques, par Ch.-Ed. Guillaume* (in-8° de 127 p. avec 5 pl.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

36090 et 36091 — De l'United States Coast and Geodetic Survey. *Report of the Superintendent of the United States and Coast Geodetic Survey. Part. I, june 1891 ; Part. I, june 1892.* Washington, 1892 et 1893.

36092 — De M. É. Cacheux (M. de la S.). *Le Sauvetage en France et à l'étranger. Ce qu'il est, ce qu'il devrait être, par Émile Cacheux* (in-8° de 235 p. avec 16 pl.). Paris, L. Baudry, 1896.

36093 à 36095 — De l'Automobile-Club de France. *Automobile-Club de France. Statuts. Règlement intérieur. Liste des Membres* (3 brochures petit in-32). Paris, Siège social. 1896.

36096 — De " The Mining Journal ". *Complete and cheap Gold Extraction M. de Rigaud's process* (pages 486 et 487 du " The Mining Journal "). London, 18 avril 1896.

Les membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1896, sont :

Comme membres sociétaires, MM. :

P.-G.-V. Baustert,	présenté par MM.	Baignères, E. Bert, Gassaud.
E.-M. Besson,	—	L. Beau, A. Henry, Thomine.
F.-E. Biehler,	—	Molinos, Rey, Destabeau.
E. Bonnet,	—	Fauquier, Lordereau, Péguin.
R.-H. Brandon,	—	Bert, de Mestral, Mennons.
H.-E. Breuillé,	—	Couriot, L. Foucart, Hovine.
Ch.-L. Buart,	—	Bougault, M. de Grièges, Lamaizière.
C. Coureau,	—	Bouvard, Hermand, Toussaint.
J.-E. Dollot,	—	E. Dollot, Molinos, Wurgler.
H.-J.-L.-D. de Geymuller,	—	Barbey, Jordan, A. Mallet.
L.-J.-A. Gobert,	—	Agnès, Cavallier, Vinet.
E. Javaux,	—	H. Fontaine, Letort, Ravasse.
L.-P.-M.-R. Kaeppelin,	—	Molinos, Chardon, A. Lavezzari.
P.-M. Mailly,	—	Bouchet, L. Périssé, Vaïsse.
A. Maréchal,	—	L. Appert, de Dax, Magnard.
H.-L.-D. Mariolle,	—	Bertaux, Carez, Vivien.
A.-J. Masselin,	—	Molinos, Saint-James, de Dax.
L.-Ch.-E. Meyer,	—	Mamy, Ed. Simon, de Dax.
L.-F. Nicora,	—	G. Béliard, Bellot, Legat.
A. Philippe,	—	Chassevent, de Dax, Dodement.
A. Pourcheiroux,	—	Molinos, de Dax, Robin.
H.-C. Powel,	—	Chapman, Oughterson, Vaslin.
B. Rebourg,	—	Bougault, M. de Grièges, Lamaizière.
A. Reveillac,	—	Daydé, Groselier, Pillé.
E. Rigo,	—	J. Morandiere, A. Sépulchre, de Schryver.
L.-A. Schrœder,	—	J. Fleury, Jullin, Zaborowski.
A. de Tscharner,	—	Molinos, de Muralt, L. Rey.
A. Véry,	—	L. Carette, P. Carette, Levasseur.
G.-H. de Vésine-Larue fils,	—	L. Rey, A. Mallet, Ed. Simon.
E.-H. Watigny,	—	Cossmann, Forest, Sartiaux.

Comme membres associés, MM. :

G. Aubert,	présenté par MM.	Carimantrand, Lévi, A. Mallet.
R. Bettig,	—	Molinos, de Dax, Lange.
A.-G.-R. Chartier,	—	L. Appert, L. Renard, Viennot.
G. Dard,	—	Bert, de Nansouty, E. Varenne.
A.-L. Edeline,	—	Bonneville, G. Béliard, Regnard.
H. Favre,	—	Carimantrand, Lévi, A. Mallet.
H. Géliot,	—	Berger, Clarté, Walther-Meunier

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 10 AVRIL 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. Belleville, Julien, membre de la Société depuis 1867, a été ingénieur-constructeur à Saint-Denis, officier de la Légion d'honneur; il fut le créateur du type de chaudières qui porte son nom et qui a rendu et rend chaque jour de si grands services à l'industrie et à la marine.

M. Courtin, Amédée, membre de la Société depuis 1864, a été ingénieur des ateliers du matériel roulant au chemin de fer du Nord ;

M. Daguerre-Dospital, Léon, membre de la Société depuis 1863, a été attaché à la traction du chemin de fer d'Orléans, et ingénieur aux chemins de fer de Madrid à Saragosse et à Alicante ;

M. Frey, André-Pierre, membre de la Société depuis 1873, a été ingénieur-constructeur, lauréat de la médaille de Prony de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale;

M. Jac, Philippe, membre de la Société depuis 1887, a été ingénieur des travaux de la canalisation d'eau de la ville de Montpellier, et chef de service des Ponts et Chaussées et de la vicinalité de l'arrondissement d'Orange ;

M. Roy, Edmond, membre de la Société depuis 1856, et membre du Comité en 1884, a été chef de section dans diverses Compagnies de chemins de fer français, M. Roy a fait à la Société un legs de 1 000 francs ;

M. Stilmant, Philippe, a été dessinateur aux Compagnies de chemins de fer de P.-L.-M. et de l'Ouest, constructeur du frein qui porte son nom, membre de la Société depuis 1866.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. G.-L. Pesce a été nommé conseiller technique honoraire de l'ambassade d'Italie.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus particulièrement, de M. Ed. Wegmann, *The water supply of the City of New-York.*

M. le Président informe la Société:

Que M. Theurkauff a déposé, le 23 mars, un pli cacheté dont il lui est donné acte;

Que le Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes a transmis deux notes, l'une concernant des travaux à effectuer à Lourenço-Marquez (port du chemin de fer du Transvaal), l'autre relative à l'établissement d'un service d'eau à Osaka;

Que M. Boissonnas a transmis le programme du concours international de projets pour la construction du chemin de fer de la Jungfrau (Suisse);

Que M. Flavien a adressé des offres d'emplois pour de jeunes ingénieurs.

Les membres de la Société peuvent prendre connaissance de ces différents documents au Secrétariat.

M. le Président propose de déléguer MM. E. Derennes, Ch. Gallois, J. Garçon, P. Gassaud et P. Jannettaz au deuxième Congrès international de chimie appliquée, qui aura lieu à Paris en 1896. Cette proposition est adoptée.

M. le Président donne la parole à M. L. de Chasseloup-Laubat pour sa communication sur *le matériel naval du récent conflit en Extrême-Orient, et principalement sur le matériel naval du Japon.*

M. L. de Chasseloup-Laubat rappelle d'abord l'importance des événements d'Extrême-Orient, qu'il a suivis depuis le moment où il a été au Japon, c'est-à-dire depuis 1889.

Il commence par donner un résumé rapide de la théorie de la stabilité du navire, de façon à bien fixer les bases des raisonnements qu'il fera ultérieurement sur les conditions que doivent remplir les navires de guerre croiseurs et cuirassés. Il s'appesantit sur la méthode Bertin des « petits modèles ».

Puis il décrit le matériel de combat des deux marines et fait ressortir les idées générales qui avaient été admises dans la constitution des deux flottes.

Ensuite, M. de Chasseloup-Laubat donne une description sommaire de la bataille du Yalou. Il conclut que la victoire des Japonais est due d'abord à la valeur plus grande du personnel de la marine du Mikado, et ensuite à la supériorité de la formation en ligne de file sur la formation en ligne de front.

Dans la dernière partie de son travail, il développe cette idée, et il examine successivement les différents cas qui peuvent se produire dans une flotte qui navigue, soit en temps de paix, soit en temps de guerre:

Une embardée;

Une avarie de machine;

Une attaque de torpilleurs.

Il revient en détail sur ces différents cas lorsqu'une escadre est en ligne de file ou en ligne de front; il montre combien cette seconde formation augmente les chances d'abordages les plus désastreux.

Il termine par des considérations générales sur les types des navires de guerre et conclut à la séparation nette entre les croiseurs et les bâtiments de combat.

Les croiseurs doivent être des *Chanzy* modifiés.

Les navires de combat doivent être des monitors à teugue.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. de Chasseloup-Laubat et donne la parole à M. G. Hart pour sa communication sur *les grands croiseurs de diverses marines.*

M. G. HART rappelle qu'il y a quelque temps, un livre de M. le contre-amiral Fournier est venu rouvrir la discussion sur les types de navires à adopter pour notre flotte de guerre, et indiquer qu'en présence de la demande formidable de crédits faite au commencement de mars à la Chambre des Communes d'Angleterre, il faut tout au moins que nous nous efforcions de tirer de notre budget la meilleure utilisation possible.

Il rappelle à ce propos les conclusions de l'amiral Fournier sur le type à choisir et, tout en faisant quelques réserves sur le choix d'un type unique, est complètement d'accord avec l'auteur de *la Flotte nécessaire.*

Il examine ensuite les différents groupements possibles des marines européennes et arrive à cette constatation que, victorieuses ou vaincues, nos escadres seront impuissantes à détruire le commerce ennemi et à maintenir nos communications avec les colonies.

La mer appartiendra, en réalité, aux croiseurs isolés, et il constate avec regret que notre situation, en ce qui concerne ce type de bâtiments, est loin d'être satisfaisante.

Nous possédons bien un certain nombre de croiseurs doués d'une bonne vitesse, mais ils sont, pour la plupart, de petite taille, perdant la plus grande partie de leur vitesse dès qu'il y a un peu de mer, et n'ont qu'un armement et surtout une protection insuffisants.

Les quelques grands croiseurs que nous possédons sont de types déjà anciens et d'un armement peu puissant.

Il cherche les causes de cette situation et la trouve dans les longues hésitations des Conseils de la Marine qui ont systématiquement rejeté, pendant vingt ans, des projets établis sur des bases adoptées partout aujourd'hui.

Le temps perdu n'a pas même servi à perfectionner les projets primitifs; c'est ainsi que le d'*Entrecasteaux*, actuellement en construction, ne fait que reproduire un projet présenté, dès 1873, par M. Bertin, projet représenté en 1885, qui avait plus de rayon d'action et une artillerie à tir rapide plus développée.

En présence de cette situation, M. Hart voudrait examiner ce qu'ont fait les diverses puissances pour tâcher de déduire de cette étude un type approprié à notre situation navale et à nos ressources financières.

Il décrit successivement vingt types de croiseurs en les rangeant dans deux grandes classes, les croiseurs protégés d'une part, les croiseurs cuirassés de l'autre, mais fait ressortir combien cette dernière appellation est loin de la réalité, le cuirassement n'étant, le plus souvent, que partiel et très peu développé.

Il indique les différences existant entre ces types et donne les rapports de leurs dimensions qui en sont, en quelque sorte, la caractéristique, ainsi que leur système de construction, leur protection et leur armement.

En terminant, il arrive à cette conclusion que deux types de croiseurs lui paraissent nécessaires.

Le croiseur protégé, très rapide, capable de soutenir longtemps cette vitesse, doué d'une mâture légère lui permettant de croiser longtemps sans trop brûler de combustible, et destiné à la destruction du commerce ennemi.

Le croiseur cuirassé, de vitesse encore considérable, cuirassé de bout en bout sur toute la hauteur de ses œuvres mortes, et défiant par suite, au moins dans une certaine mesure, les projectiles chargés d'explosifs puissants, destiné aux opérations d'escadres ou à des missions isolées exigeant une certaine puissance.

M. Hart indique quels sont les types qui lui paraissent s'approcher le plus de cette conception, quelles modifications il faudrait y apporter, et termine en exprimant le vœu que nous nous mettions enfin résolument à l'œuvre pour rendre à notre marine le rang qu'elle occupait autrefois et duquel des marines relativement jeunes veulent la faire déchoir.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Hart de l'étude très intéressante qu'il a faite. Avec les nombreux renseignements fournis par M. de Chasseloup-Laubat, tous les types de croiseurs paraissent avoir été passés en revue.

La diversité même de ces types montre combien le problème est complexe, et l'idéal difficile à atteindre. Ces études touchent à des questions qui ne sont pas familières à la plupart d'entre nous. Cependant, en se laissant guider par le bon sens, on a peine à découvrir l'idée maîtresse qui a présidé aux conditions principales d'établissement de ces divers types.

Ainsi nous voyons que la protection de ces croiseurs est obtenue par des cuirasses de 0,09 *cm*, absolument insignifiantes comme résistance vis-à-vis des gros projectiles. Ces navires ne peuvent donc tenir un instant contre des cuirassés, puisqu'un seul coup de canon peut les détruire. On les dit destinés à la course, c'est-à-dire à la prise de bâtiments de commerce, paquebots plus ou moins armés en guerre, etc. Alors, ce qu'il leur faut, c'est de la vitesse et du charbon. Pourquoi, dès lors, les surcharger de cette énorme artillerie aux dépens de leur vitesse et de leur approvisionnement de charbon qui, dans l'hypothèse d'une guerre maritime, sera toujours leur point faible?

Est-ce que beaucoup de ces croiseurs ne paraissent pas ne devoir être bons ni au combat, ni à la course? Et la théorie de l'amiral Fournier préconisant la création de croiseurs sérieusement cuirassés et le combat par l'avant, qui, à cause des formes du navire, de l'inclinaison des coups par rapport à la surface cuirassée, donne à cette dernière le maximum d'effet utile, ne semble-t-elle pas aujourd'hui la plus rationnelle.

Il serait fort intéressant de demander à MM. de Chasseloup-Laubat et

Hart leurs conclusions sur ces questions, mais l'heure étant très avancée, M. le Président propose de remettre à une séance ultérieure la discussion sur ces deux communications.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. C. Coureau, J.-E. Dollot, H.-J.-L.-D. de Geymuller. R. Kaeppelin, A. Maréchal, A.-J. Masselin, A. Reveillac, L.-A.-Ch. de Tscharner et E.-H. Watigny, comme Membres Sociétaires, et de

MM. R. Bettig, A.-G.-R. Chartier, G.-F. Dard et H. Favre, comme Membres Associés.

MM. P.-G.-V. Baustert, E.-M. Besson, F.-E. Biehler, E. Bonnet. R.-H. Brandon, H.-E. Breuillé, C.-L. Buart, L.-J.-A. Gobert, E. Javaux, P.-M. Mailly, H.-L.-D. Mariolle. L.-Ch.-E. Meyer, L.-F. Nicora, A. Philippe, A. Pourcheiroux, H.-C. Powel, B. Rebourg, E. Rigo. L.-A. Schrœder, A. Véry et G.-H. de Vésine-Larue fils sont reçus Membres Sociétaires et

MM. G. Aubert, A.-L. Édeline et H. Géliot Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 24 AVRIL 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance précédente est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que plusieurs de nos Collègues ont été l'objet des distinctions suivantes. Ont été nommés :

Officiers de l'Instruction publique : MM. H. Lasne, J. Rueff et H.-M.-G. Vallot;

Officier du Nicham Iftikar : M. Ed. Lippmann;

Commandeurs de l'Ordre de Conceiçaõ de Villaviciosa : MM. M. Douau et A. Maury.

M. LE PRÉSIDENT adresse toutes ses félicitations à nos Collègues.

Parmi les ouvrages reçus, dont la liste sera publiée à la fin du présent procès-verbal, M. LE PRÉSIDENT signale plus particulièrement le *Traité des machines-outils* (tome II) de notre Collègue, M. G. Richard, et qui nous a été offert, pour notre Bibliothèque, par MM. G. Baudry et Cie, éditeurs. Ce second volume traite spécialement des fraiseuses, meules, taraudages, machines auxiliaires et petit outillage.

M. Ed. Lippmann a la parole pour présenter un ouvrage de M. E. Cacheux intitulé : *Le Sauvetage en France et à l'Étranger.*

Dans cet important travail, M. Cacheux rend compte des diverses méthodes qui sont employées en France et à l'étranger pour porter utilement secours à une personne en péril, et pour donner les premiers soins, avant l'arrivée du médecin, à celles qui sont victimes d'un accident.

L'ouvrage est divisé en cinq parties : dans la première partie, l'auteur s'occupe des personnes en danger de périr par l'eau ; il étudie les moyens à prendre pour prévenir, autant que possible, les accidents en mer et en eau douce ; puis il indique la marche à suivre par les personnes en péril et par les sauveteurs lorsque l'accident est arrivé.

La seconde partie du manuel du sauveteur est consacrée au sauvetage en cas d'incendie. L'auteur indique les précautions à prendre pour tâcher d'éviter les incendies ; il reproduit les conseils qui sont donnés, en Angleterre, aux habitants des maisons à étages, d'étudier préalablement et de sang-froid ce qu'il y aurait lieu de faire dans le cas où un incendie se déclarerait dans leurs logements, et il décrit les exercices auxquels on habitue les sauveteurs pour leur permettre de pénétrer rapidement dans une maison incendiée et d'en sauver les habitants, soit avec ou sans le concours d'appareils spéciaux.

Dans la troisième partie de son ouvrage, M. Cacheux étudie les accidents du travail dans l'industrie, et il résume ce qui a été fait en Angleterre, en Allemagne, en Suisse et en France pour donner les premiers soins aux victimes d'accidents.

Seize planches accompagnent le texte, de façon à bien faire comprendre la description des engins de sauvetage et la manière de les employer. Les figures indiquent également les exercices qu'il y a lieu de faire faire aux sauveteurs pour leur apprendre à porter utilement secours, sans l'aide d'engins, aux personnes en danger.

La quatrième partie du texte est consacrée à l'étude des voies et moyens pour venir en aide aux sauveteurs victimes de leur dévouement, et enfin la cinquième partie rend compte des divers concours de sauvetage qui ont été organisés par M. Cacheux pour propager en France les exercices de sauvetage qui, comme ceux de la gymnastique, peuvent, sans être dangereux, être utiles à un moment donné à ceux qui les ont pratiqués.

Comme on le voit par l'aperçu général et succinct qui vient d'être présenté, la Société possède là un véritable recueil de connaissances utiles et pratiques.

Nous devons remercier notre Collègue, non seulement pour le don qu'il vient de faire à notre Bibliothèque, mais surtout pour le dévouement et la persévérance avec lesquels il poursuit la solution de toutes les questions qui se rattachent à l'hygiène, à la philanthropie et à l'économie sociale.

M. le Président adresse ses remerciements à M. Cacheux qui a pourvu notre Bibliothèque d'un ouvrage de la plus grande utilité et à M. Lippmann qui a bien voulu nous le présenter.

M. A. Gouilly a la parole pour faire une communication sur la *Mécanique des systèmes matériels*.

M. Gouilly expose que sa communication a pour but de montrer que la mécanique des systèmes matériels peut être présentée en ne prenant pour base que les principes de mécanique admis pour le point matériel.

L'avantage de cette manière de procéder est tout celui que l'on retire de l'application d'un langage clair et précis à des faits bien définis. Il s'étend à toutes les questions que l'on peut traiter avec une précision suffisante, au moyen de la théorie atomique, et n'est limité que comme cette théorie l'est elle-même.

M. Gouilly rappelle les principes de la mécanique du point matériel et ceux qui sont en usage actuellement dans la mécanique des systèmes matériels. Les démonstrations de ces derniers s'appuient, en définitive, sur ce qu'il serait possible de transporter une force sur sa direction, de la composer avec d'autres ou de la décomposer sur un solide. Ces principes n'offrent aucune utilité à la base des systèmes matériels; on peut, au contraire, en donner des démonstrations très simples résultant d'une étude des systèmes matériels satisfaisant l'esprit.

M. Gouilly prend le point de départ de la mécanique des systèmes matériels dans les équations générales de l'équilibre et du mouvement, d'un ensemble de points matériels agissant les uns sur les autres à distance et suivant une fonction de ces distances. Ces équations résultent immédiatement de la théorie du point matériel.

Ces équations générales ne sont en définitive que des relations entre les éléments qui définissent dans l'espace des segments de droites représentant des forces. La résolution ou la simplification des équations générales est une pure opération algébrique ou géométrique et il ne peut être question de remplacer des forces par d'autres, tandis qu'au contraire, en vue de la mesure, on peut remplacer des segments par d'autres.

M. Gouilly, pour éviter toute confusion, se sert, dans cette communication, du mot *isométrie* à la place du mot *équivalence des forces*, actuellement en usage. Il fait remarquer que l'isométrie contient une méthode d'étude permettant de remplacer des forces que l'on ne peut mesurer, directement toutefois, par des forces de définition et que, si l'isométrie était parfaite, les problèmes de la mécanique auraient des solutions exactes.

Passant à l'application des formules générales, M. Gouilly fait remarquer que le but qu'il poursuit est réduit à savoir dans quels cas on peut se contenter de l'application des équations dites universelles, soit de l'équilibre, soit du mouvement, et ceux dans lesquels il faut avoir recours, en outre, aux équations contenant les forces mutuelles. On est guidé souvent par un point de vue utilitaire; ainsi, pour faire des visées terrestres, il est inutile de se préoccuper de la flexion de la lunette, tandis que pour les visées astronomiques, il faut en tenir compte, comme l'a fait M. Yvon-Villarceau. Mais on est surtout guidé par la considération des conditions mécaniques imposées aux systèmes. Il ne suffit pas, en effet, que les dimensions d'un solide n'aient point varié pour que l'on puisse dire que l'on peut négliger l'étude de ses déformations et, à ce sujet, M. Gouilly rappelle la théorie des obstacles.

La mécanique des systèmes doit être divisée en deux parties : dans l'une, on étudie les systèmes, abstraction faite de leurs déformations et, dans l'autre, on étudie les systèmes en tenant compte de leurs déformations. A propos de la première étude, M. Gouilly donne la définition du poids d'un système, celle du centre de gravité; il rappelle la théorie des machines simples, il énonce ce fait que les machines en mouvement, dont les éléments n'agissent pas comme des ressorts et ont des déplacements dans des plans parallèles, pourront toujours être l'objet d'une première étude, abstraction faite des déformations, parce que chaque élément ne peut avoir plus d'un point fixe.

Comme application aux constructions, M. Gouilly considère les systèmes réticulés et dit qu'ils pourront être l'objet d'une première étude, indépendamment des déformations, s'ils sont articulés, strictement indéformables, et si leur ensemble n'est point soumis à des obstacles qui empêchent leur libre déformation.

Les véritables difficultés de la mécanique des systèmes commencent dès que l'on étudie les déformations. M. Gouilly reprend les formules générales de l'élasticité et de la résistance des matériaux et les examine au point de vue spécial de l'isométrie. Il rappelle que Poisson considérait les problèmes de l'élasticité comme des problèmes sur les différences finies. Il définit la pression sur un élément plan considéré dans un système matériel; il donne une démonstration très directe du principe de Pascal.

M. Gouilly termine en disant qu'il a pensé qu'au moment où la mécanique est débordée par les faits que lui apporte l'expérimentation, la Société des Ingénieurs Civils de France voudrait bien porter quelque intérêt à une tentative faite en vue d'apporter, en mécanique, un peu plus de simplicité et de précision.

M. le Président remercie M. Gouilly pour l'important travail qu'il vient de résumer devant la Société.

La parole est à M. J. Bergeron pour présenter une communication sur l'*Extension possible des différents bassins houillers de la France.*

M. J. Bergeron, après avoir rappelé que les travaux des géologues et des ingénieurs ont établi que les bassins houillers sont en relation avec les rides de l'écorce terrestre, expose les théories actuelles sur la distribution des principales chaînes de montagnes à la surface de la terre et sur leur âge. Elles se sont formées durant trois périodes distinctes et ont reçu les noms de chaîne calédonienne, chaîne hercynienne et chaîne alpine. Ces distinctions ne sont pas basées sur les directions qu'elles suivent, mais sur l'âge de leur soulèvement.

M. J. Bergeron étudie spécialement les plis hercyniens de la Bretagne, du Plateau Central et des Vosges. Il montre la vraisemblance de la continuité des plis d'une région à l'autre; cependant, il pourrait y avoir incertitude sur leur emplacement même. Mais on sait que des travaux entrepris en Angleterre par Godwin Austen et en France par MM. Hébert, Dollfus et M. Bertrand, ont établi que les ondulations du sol se reproduisaient sensiblement aux mêmes points et dans le même sens aux différentes époques autres que celles des grands plissements. Il en

résulte que l'allure des couches superficielles, non leur relief, peut donner des indications sur l'allure des couches plus anciennes sous-jacentes. En se basant sur ce principe, Godwin Austen a recherché l'extension des bassins houillers de l'Angleterre vers l'Est et M. M. Bertrand celle du bassin du Nord et du Pas-de-Calais vers l'Ouest.

Ce bassin, d'après ce dernier auteur, aurait une extension bien plus grande vers le Sud qu'on ne l'avait cru jusqu'ici ; il disparaîtrait en partie sous un lambeau de recouvrement.

Si M. J. Bergeron a exposé ces théories, c'est qu'il pense qu'elles peuvent intéresser des ingénieurs puisqu'elles donnent des indications sur les recherches à faire.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. J. Bergeron pour sa très intéressante étude.

Avant de lever la séance, M. LE PRÉSIDENT croit devoir rappeler que c'est dans la prochaine réunion qu'aura lieu la communication de M. E. de Marchena sur la traction électrique, et qu'elle sera suivie de la discussion de la communication de M. H. de Grièges sur un sujet analogue; que cette discussion, en effet, n'a pas été épuisée; qu'elle se continuait par des communications à insérer dans les procès-verbaux subséquents, ce qui présente des inconvénients évidents, et qu'il a promis de réserver une séance pour la reprendre et la terminer. La discussion sera donc rouverte vendredi prochain 1er mai.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. G. Bailleux, E.-F. Baldauff, B. Batanero de Montenegro, H. Beau, E. Bieuvelet, Ch. Chertemps, A. Faivre, J. Gallimard, E. Gaudriot, Ch. Iung, G. Jaramillo, D. Lagneau, J. Level, M. Levylier, E. Louyot, L. Nouguès, M. Otto, R. Prouteau, F. Rossel, A.-L. Simon, et E. Stœckel, comme Membres Sociétaires.

MM. C. Coureau, E. Dollot, H.-D. de Geymuller, R. Kaeppelin, A. Maréchal, A. Masselin, A. Réveillac et A. de Tscharner sont reçus Membres Sociétaires, et

MM. R. Bettig, A. Chartier, G. Dard, et H. Favre sont reçus Membres Associés.

La séance est levée à 10 heures un quart.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE

DE

COMMUNICATIONS MICROTÉLÉPHONIQUES

A GRANDES DISTANCES PAR FIL NON ISOLÉ

PAR

M. le Capitaine CHAROLLOIS

Diverses communications ont déjà été faites à la Société sur les applications à la téléphonie militaire du fil nu sans isolateurs, avec retour par la terre, pour les opérations de campagne. Celle du 19 mai 1893 retraçait les différentes applications de ce système aux manœuvres de l'Est en 1891, et dans celle du 15 mars 1895 je vous présentais divers appareils de téléphonie de campagne à appel magnétique par sonnerie polarisée. Je présentais également à cette séance un microphone de mon invention permettant la conversation à haute voix loin de l'appareil.

Depuis cette époque, j'ai repris cette question si intéressante des communications par fil nu, et, après de nombreux essais, je crois être parvenu à la résoudre d'une façon définitive pour toutes les applications dont elle est susceptible.

Je ne chercherai pas ici à expliquer la cause du phénomène sur lequel je m'appuie. Aucun chiffre ne peut nous guider pour arriver à ce résultat, attendu qu'il n'existe pas d'appareil de mesure pouvant contrôler l'intensité ni la tension des courants d'induction circulant entre deux récepteurs situés à plusieurs kilomètres de distance, sur un simple fil nu avec retour par la terre.

Le seul fait que les courants ondulatoires d'induction émanant des vibrations produites par la parole sur la membrane d'un récepteur puissent actionner des récepteurs échelonnés en dérivation ou embrochés sur une ligne de 25 *km*, démontre amplement la puissance de pénétration des courants d'induction qui, malgré le contact de ce simple fil avec le sol, ont encore suffisamment d'action sur les solénoïdes des bobines des récepteurs pour faire vibrer les membranes en reproduisant la parole émise au transmetteur initial.

D'ailleurs, comme application pratique, un grand nombre de régiments de l'armée française, sans se préoccuper à juste raison de la cause de ces phénomènes, se servent très utilement tous les jours des appareils de simple téléphonie par récepteurs à fil nu qui leur sont livrés par mes ateliers.

Cependant, ce n'était pas là le dernier mot ; la conversation était parfaite, mais il manquait au système un appel. Les courants d'induction à haute tension étaient seuls susceptibles de résoudre cette difficulté dans les conditions spéciales d'établissement de lignes que j'envisageais. Je m'attachai alors à construire industriellement des appareils permettant la réalisation de la téléphonie par fil nu pour tous les usages. Ce but est aujourd'hui atteint, et je vous soumettrai dans quelques instants les appareils résolvant cette question si intéressante. J'employais d'abord pour l'appel des magnétos à courants intensifs actionnant à toutes distances des sonneries polarisées spéciales. Cependant, l'appareil ainsi constitué, quoique très solide et bien groupé, était pesant et son prix de revient assez élevé en raison de tout son mécanisme de magnéto, d'engrenages, d'entraînement, etc. Le principal perfectionnement apporté depuis à la question de l'appel consiste à substituer à ce mécanisme un appareil simple, quoique aussi sûr et aussi énergique, utilisant les courants secondaires à fréquences rapides produits par un trembleur spécial branché sur la bobine d'induction même du circuit microphonique.

Ces courants d'induction, lancés dans la ligne par la simple pression d'un bouton d'appel, vont actionner les récepteurs du poste opposé en produisant, par des variations de l'état magnétique des noyaux des récepteurs, une sorte de ronflement sonore dû aux vibrations des membranes. Ce bruit, semblable à celui d'une sirène, est entendu à 50 *m* et plus du poste appelé et n'occasionne plus aucune mise en marche de mécanisme de sonnerie polarisée ou autre. Ces appels ne sont, à proprement parler, que des directions de courants d'induction provenant de la même source d'électricité qui actionne soit le microphone, soit l'appel.

Les appareils actuels de téléphonie ordinaire et usuelle, dont les formes varient, sont tous construits d'après les mêmes principes : emploi de la pile pour actionner la sonnerie et le microphone.

Si nous considérons d'abord le rôle du microphone dans l'échange de la conversation entre deux postes, nous voyons de suite qu'il ne nécessite qu'un seul ou deux éléments pour les

communications à grande distance, et que, pour l'appel seulement, il faut des batteries plus ou moins considérables pour actionner la sonnerie, le nombre d'éléments de ces batteries augmentant au fur et à mesure que la distance s'accroît, et cela en raison de la résistance proportionnelle à la longueur des fils de ligne; de plus, ces fils doivent être soigneusement isolés.

Il est donc évident qu'il existe dans ces conditions une disproportion considérable entre les deux agents électriques nécessaires au fonctionnement d'une ligne téléphonique à appel direct;

Courants ordinaires de pile pour la sonnerie;

Courants d'induction pour le microphone. Ainsi, sur une ligne téléphonique de 10 *km*, le nombre d'éléments nécessaires à l'appel direct de sonnerie de 50 ohms, devra être de douze environ. Le nombre d'éléments nécessaires au microphone sera de un ou deux.

L'examen de ces chiffres démontre péremptoirement que l'appel par piles et sonneries trembleuses, employé jusqu'à ce jour dans la majeure partie des lignes de réseau et des lignes privées, constitue l'un des inconvénients les plus justement sujets à critique de ces installations.

On peut, il est vrai, pour obvier à cet inconvénient, employer, à partir de certaines distances, des relais; mais c'est là encore une complication mécanique qui augmente le nombre déjà si grand, en télégraphie et en téléphonie, des sources de dérangements. De plus, cet emploi des relais augmente aussi le prix d'établissement d'une ligne.

En Amérique surtout, et un peu en France maintenant, on commence à revenir de ces errements, et nous voyons déjà, dans nos administrations, se substituer à l'appel de pile, l'appel par courants induits actionnant à grandes distances des sonneries polarisées ou sonneries trembleuses.

Cette substitution est déjà commencée sur une partie des réseaux urbains ou locaux de Paris. Là est certainement la voie de l'avenir.

Dans les lignes téléphoniques franchissant les murs de l'habitation pour relier des postes au loin, la pile d'appel doit disparaître pour faire place aux appels magnétiques ou d'induction dont les courants à tension élevée se propagent à des distances considérables.

Ces considérations font suffisamment ressortir tout l'intérêt qu'il y avait à créer, pour la téléphonie militaire de campagne,

un système d'appel à la fois léger, sûr et efficace. En effet, on comprend aisément tous les inconvénients qui s'attachent au transport de batteries de piles considérables, dont le poids et l'encombrement ne sont souvent que le moindre désavantage. D'un autre côté, la préoccupation d'atténuer la charge à porter par l'homme en campagne m'a amené, sans renoncer pour cela aux sonneries magnétiques qui rendent de si grands services dans certains cas particuliers, à préconiser l'emploi de l'appel direct par les récepteurs eux-mêmes, auxquels on fait rendre un son strident en les faisant traverser par de violents courants d'induction interrompus à haute fréquence. Le trembleur dont j'ai parlé plus haut, et qui sert à produire ces interruptions dans le courant primaire de la bobine d'induction, est muni d'un dispositif spécial qui permet, par une manœuvre à la fois sûre et facile, de changer le ton du son émis par les récepteurs, selon le nombre d'éléments dont on dispose. En pratique, et pour les applications aux usages de l'armée, deux ou trois petits éléments (au maximum) à liquide immobilisé suffisent pour produire à 25 *km*, sur du fil nu reposant sur le sol, un appel énergique et plus que suffisant pour éveiller l'attention de la personne avec laquelle on désire communiquer.

L'efficacité et la simplicité de ce genre d'appel m'a amené à le généraliser pour beaucoup d'applications industrielles et privées, en l'adaptant à des appareils spéciaux, soit transportables comme ceux de l'armée, soit installés d'une façon plus permanente avec des piles extérieures faciles à surveiller et à entretenir en bon état de fonctionnement.

Pour terminer, il me reste quelques mots à dire au sujet du mode spécial de fabrication que j'ai adopté d'une façon générale pour la construction de mes appareils. Ce mode de fabrication consiste à noyer d'une façon permanente et définitive toutes les connexions électriques reliant les divers organes dans une substance solide et isolante, qui les emprisonne et les protège en même temps contre toute espèce d'accident. Dans ce but, j'ai arrêté mon choix avec l'emploi de l'*ivorine*, qui, plastique à 140° C. environ, se laisse mouler facilement à cette température et prend ensuite au refroidissement une dureté considérable. Le moulage s'opère à une pression très élevée dans des matrices en acier, desquelles les pièces moulées sortent parfaitement finies et polies, sans jamais exiger aucune retouche. Les moules sont munis des broches nécessaires pour fixer dans les positions voulues les dif-

férents plots et écrous auxquels se rattachent les connexions intérieures, ainsi que de goupilles de guidage pour empêcher le chevauchement ou le contact accidentel, sous l'effet de la pression, de ces connexions entre elles. Une fois les pièces sorties du moule, il ne reste plus qu'à déboucher les trous des écrous, en les taraudant par la même opération, et à fixer en position les divers organes qu'elles sont appelées à recevoir. Ces organes sont ainsi assurés en place sans aucune opération d'ajustage. Cette méthode de fabrication, à la fois rapide et peu coûteuse, possède, de plus, l'avantage de donner aux appareils une garantie absolue contre toute espèce de dérangement, et de permettre la production d'un nombre indéfini de pièces toujours parfaitement interchangeables. Il est à peine besoin d'insister pour faire ressortir la supériorité de ce genre de construction sur les divers montages sur bois ou sur métal, avec isolants compliqués, que l'industrie a surtout employés jusqu'à ce jour.

NOTE

SUR LES

GRANDS CROISEURS

DES DIVERSES PUISSANCES[1]

PAR

M. G. HART

Il y a quelques semaines, l'apparition d'un livre très intéressant de M. le contre-amiral E. Fournier, actuellement directeur de l'École de guerre de la marine, est venue rouvrir la discussion sur les types de navires qui devaient composer la flotte de guerre française.

L'augmentation de la flotte anglaise qui doit résulter des crédits demandés le 3 mars 1893 à la Chambre des Communes par M. Goschen, premier lord civil de l'Amirauté, donne aujourd'hui un nouvel intérêt à cette discussion. Il importe, en effet, de tirer des crédits que nous affectons à notre marine le maximum d'effet, puisque nous ne pouvons suivre l'exemple de nos voisins qui, de 1889 à 1899, auront dépensé 1 375 000 000 *f* pour l'accroissement de leur flotte. Pour l'exercice 1896-1897, l'augmentation demandée n'est pas moindre de 78 millions.

Dans son livre (2), l'amiral Fournier, prenant comme base de ses hypothèses la lutte maritime entre la France d'une part et l'Angleterre ou la Triple-Alliance de l'autre, établit sans peine que notre flotte actuelle, avec la diversité des types en service, si gênante pour la marche en escadre, ne rendrait pas les services que nous en attendons.

La présence d'un grand nombre d'unités de tonnage relativement faible et sans valeur militaire réelle en diminue d'ailleurs encore la puissance.

En la supposant victorieuse de la première ligne d'escadres qui lui serait opposée, sa victoire même la mettrait dans un état

(1) Voir le tableau et les planches nos 161 à 166.

(2) *La flotte nécessaire*, par le contre-amiral E. Fournier, Berger-Levrault.

tel qu'elle ne pourrait probablement continuer à naviguer et qu'elle serait immobilisée de longs mois dans les ports pour y subir les réparations nécessaires.

Pour faciliter la conduite des escadres, M. le contre-amiral Fournier propose de composer chacune d'elles d'un type unique perfectible d'une escadre à l'autre, mais uniforme pour chaque escadre. Il pense, avec grande raison, que pour une escadre composée de navires identiques et de même vitesse, l'utilisation serait bien meilleure que pour les escadres actuelles obligées de régler leur vitesse sur le marcheur le plus médiocre.

Il juge aussi indispensable de cuirasser les navires de bout en bout et sur toute la hauteur des œuvres-mortes, de manière à produire l'éclatement à l'extérieur des projectiles chargés d'explosifs puissants.

D'après lui, le type qui paraît réunir le mieux ces différentes qualités serait le croiseur cuirassé type *Dupuy-de-Lôme*, agrandi pour porter à 150 *mm* l'épaisseur du cuirassement, cette cote étant suffisante si le navire ne présente à l'ennemi que des surfaces inclinées à 40° environ, angle voisin de celui pour lequel commence le ricochet.

Cette solution paraît, en effet, rationnelle, car les cuirassés actuellement en service avec leur ceinture cuirassée très épaisse et leurs œuvres-mortes dépourvues de toute protection sont, en effet, loin de réunir les qualités désirables pour un navire de combat. Pour n'en donner qu'un exemple, le cuirassé de premier rang, le *Carnot (fig. 1, 2, 3)* qui a fait son premier essai le 17 mars dernier, mais dont le plan est, il est vrai, déjà ancien par suite de la lenteur mise à son adoption, présente latéralement une cible de 860 m^2 environ. Sur cette surface 270 m^2 seulement, soit moins de 31,3 0/0 de la surface totale, sont cuirassés. Encore 133 m^2 ne le sont-ils qu'à 10 *cm*, épaisseur insuffisante pour arrêter les projectiles chargés d'explosifs puissants.

Il résulte des expériences de tir exécutées sur la *Belliqueuse* à l'aide de projectiles en fonte ordinaires de 138 et 164 *mm* tirés à l'aide de pièces du modèle 1881, c'est-à-dire ayant des vitesses initiales inférieures à 600 *m*, que la faible charge de 2,800 *kg* et 4 *kg* de mélinite produisait les effets suivants : « L'éclatement se produit le plus souvent après le passage, quelquefois dans la muraille même. Les fragments de 10 à 40 *g*, dont le nombre atteint 1 500 et qui sont animés d'une vitesse énorme, sont projetés dans toutes les directions et même en arrière, détruisant

tout le personnel non abrité. Le reste du projectile se réduit en poussière métallique pénétrant dans les obstacles environnants. A ces effets viennent s'ajouter ceux de l'explosion qui est locale mais d'une grande énergie. Si elle se produit pendant que le projectile traverse la muraille, elle y pratique des trous de 1,50 *m* de diamètre. Quand elle se produit près des ponts, elle les défonce en brisant les baux et agit de même sur les cloisons et sur les panneaux.

« Elle peut aussi allumer des incendies, comme cela s'est produit trois fois sur douze coups. Enfin les mouvements occasionnés dans la masse atmosphérique ont une telle force qu'ils désorganisent à grande distance les installations peu résistantes du bâtiment. »

Devant de tels effets, le cuirassement très étendu, sinon total, paraît s'imposer. C'est ce qu'a compris l'amirauté anglaise qui a complètement modifié le mode de cuirassement de ses derniers navires en construction.

C'est ainsi que sur le *Royal Sovereign*, lancé en 1891, le cuirassement se compose *(fig. 4)* d'une ceinture de 2,59 *m* de hauteur totale régnant sur les 2/3 de la longueur du navire avec une épaisseur de 457 *mm* au milieu et 355 *mm* aux extrémités. Cette ceinture, qui n'émerge que de 915 *mm*, est surmontée d'une cuirasse légère de 127 *mm* d'épaisseur sur 44 *m* de longueur.

Sur le *Magnificent*, lancé en 1894, le cuirassement est tout différent. Il se compose d'une cuirasse de 229 *mm* d'épaisseur, s'élevant à 3,05 *m* au-dessus de la flottaison et s'étendant sur 91 *m* de longueur.

Dans les deux cas, la protection est, bien entendu, complétée par des traverses cuirassées placées aux extrémités du cuirassement des flancs, et par un pont cuirassé.

Le second mode de cuirassement est évidemment de beaucoup préférable au premier, puisqu'il arrêtera à coup sûr les projectiles à grande capacité d'explosifs et peut-être, dans certaines conditions, les projectiles de rupture.

Cependant, il faut noter que les extrémités sont encore dépourvues, sur une longueur assez considérable, de toute protection, et que dans un combat contre un navire ayant des obus à explosifs puissants, elles seraient sûrement détruites, ce qui pourrait modifier fortement l'assiette et la stabilité du navire.

En présence de cette évolution du cuirassement, l'Angleterre n'a pas hésité à refondre ses cuirassés primitifs, protégés sur la

plus grande partie de leurs œuvres-mortes. Elle les a dotés de machines et d'artillerie nouvelles et a ainsi obtenu à bon compte des croiseurs cuirassés qui, s'ils n'ont pas les marches qu'on demande actuellement, feraient certainement bonne figure dans un combat et forment en tous cas une excellente réserve. Elle n'a d'ailleurs pu arriver à cette solution que parce que ces navires étaient en fer et en bon état. En France, il ne peut en être de même, notre première flotte cuirassée étant en bois. Les deux seuls navires en fer qui en proviennent sont aujourd'hui transformés, l'un, l'*Héroïne*, en ponton à Dakar, l'autre, la *Couronne*, en école de canonnage.

La proposition de l'auteur de *La Flotte nécessaire* est donc absolument justifiée. Peut-être cependant vaudrait-il mieux augmenter légèrement le déplacement qu'il indique, et qui paraît un peu faible pour doter le nouveau type d'un rayon d'action suffisant.

S'il y a, en effet, intérêt à construire des navires de tonnage minimum qui coûtent moins cher, exigent des dépenses d'entretien moins élevées, et dont, par suite, l'utilisation est meilleure, nos dépôts de charbon sont si peu nombreux que la valeur du rayon d'action présente pour la marine française un intérêt primordial.

Dans le cours de son étude (1), M. le contre-amiral Fournier se prononce nettement contre la construction de croiseurs corsaires, laissant la chasse du commerce ennemi aux paquebots armés en guerre, mieux construits pour soutenir pendant un long laps de temps la vitesse nécessaire. Mais il ne faut pas oublier que dans ces paquebots, si l'usage de longues courses de piston permet aux machines de fonctionner dans de meilleures conditions que celles des croiseurs *actuels* dont la hauteur est forcément limitée, il a l'inconvénient de les exposer beaucoup plus aux coups de l'ennemi. La figure 6 donne la silhouette de la machine de nos grands paquebots transatlantiques et montre que la surface latérale qu'elle présente au-dessus de la flottaison est de 45 m^2 environ. Un projectile de 14 *cm*, calibre généralement admis pour l'armement des paquebots armés en guerre, suffira donc, s'il est chargé d'explosifs puissants, non seulement pour arrêter la chasse mais encore faire du chasseur une proie facile, puisqu'il sera immobilisé.

D'autre part, il n'est pas logique de faire chasser un navire

(1) Page 39.

faiblement armé par un croiseur cuirassé. L'effort n'est pas proportionné au résultat, d'autant plus que le navire chassé, pour peu que sa marche ne soit pas trop inférieure, aura beaucoup de chances d'échapper à son adversaire plus lourd.

En résumé, M. le contre-amiral Fournier n'envisage que la guerre d'escadres. Mais ce genre d'opérations est-il le but le plus important que doive poursuivre la marine française?

Tel ne paraît pas être l'enseignement qui découle de l'histoire maritime de la France. Si on l'étudie depuis la création de la marine nationale, c'est-à-dire depuis Colbert, on constate que depuis le désastre de la Hogue, la guerre d'escadre, si elle a été glorieuse, n'a le plus souvent produit que des résultats nuls.

Cela tient à la disproportion considérable qui a toujours existé entre l'importance des escadres françaises et celle des escadres qui leur étaient opposées. Victorieuses en un point, elles ne tardaient pas à succomber sous les coups d'escadres nouvelles en parfait état, malgré le talent de nos officiers et le courage de nos équipages.

Cette situation a-t-elle changé aujourd'hui. C'est ce que nous allons examiner.

Le tableau n° 1 donne la situation des diverses marines au commencement de l'année et indique les divers groupements possibles des puissances.

Il ne comprend que les bâtiments prêts à l'action, déduction faite des vieux bâtiments qui sont des non-valeurs ainsi que de ceux en chantier ou en achèvement à flot.

Les navires compris dans ce tableau sont donc ceux armés, en réserve ou désarmés, ainsi que ceux actuellement en essais.

Si l'on considère l'ensemble des navires cuirassés des diverses puissances, la situation paraît assez satisfaisante puisque la France et la Russie peuvent mettre en ligne 51 navires contre 46 pour l'Angleterre et 35 pour la Triple-Alliance.

La situation n'est plus aussi bonne si on suppose l'accession de l'Angleterre à la Triple-Alliance, mais elle est encore moins satisfaisante si l'on remarque que sur les 34 cuirassés français, il y a 11 garde-côtes qui, s'ils feraient bonne figure en bataille, par suite de la puissance de leur artillerie, n'ont que des qualités nautiques médiocres, mouillent beaucoup, perdent une partie de leur vitesse dès qu'il y a un peu de mer, et, défaut capital, n'ont qu'un rayon d'action très faible par suite de l'insuffisance de leur approvisionnement de combustible.

Si on les déduit, ce qui est rationnel, puisqu'ils ne peuvent prendre part à des opérations de longue haleine en haute mer, on arrive aux chiffres suivants :

France.	Cuirassés d'escadre		19	Total 31.
Russie.	—	—	12	
Angleterre.	—	—	34	Total 62.
Triple-Alliance.	—	—	28	

On peut donc dire qu'au point de vue de la guerre d'escadres, la France et la Russie, si elles peuvent tenir tête à l'Angleterre seule seraient écrasées par la coopération de la Triple-Alliance avec cette dernière puissance. Si on ne considère que les marines de France et d'Angleterre, on trouve une disproportion considérable (19 contre 34).

Dans ces conditions, serait-il bien sage de réserver, ainsi que le propose l'amiral Fournier, toutes nos ressources à la création d'escadres même supposées aussi parfaites que possible, si elles sont condamnées à finir par être accablées sous le nombre ?

Une escadre ne commande, d'ailleurs, pas plus loin que la portée des canons, et la guerre maritime aura toujours pour un de ses objectifs principaux la destruction ou la prise de la propriété ennemie, surtout aujourd'hui où la guerre maritime ne sera probablement que la conséquence d'une guerre continentale, pendant laquelle il faudra empêcher l'arrivée dans les ports ennemis de toutes les matières nécessaires à l'alimentation ou à l'armement.

Enfin, le maintien des communications avec nos colonies, aujourd'hui si nombreuses, crée à la marine des devoirs qu'il faut la mettre à même de remplir. Or, ces communications ne pourront guère, à part certains cas spéciaux, être assurées que par des croiseurs isolés.

Toutes ces considérations montrent que la puissance maritime en croiseurs jouera un rôle important dans les guerres futures.

Si on se reporte au tableau n° 1, on arrive aux chiffres suivants pour les croiseurs de 4 000 *tx* au minimum, les seuls qui soient capables de croisières un peu longues :

France	8	Total 14.
Russie.	6	
Angleterre.	31	Total 40.
Triple-Alliance	9	

Ici, l'infériorité de la flotte française est énorme par rapport à

la flotte anglaise seule; elle devient écrasante si l'Angleterre se joint à la Triple-Alliance.

Cette situation fâcheuse tient en partie aux longues hésitations montrées dans le choix du type du grand croiseur, hésitations qui paraissent durer encore.

Par contre, la France a construit depuis quelques années 18 croiseurs de 2 000 à 4 000 *tx*, très rapides en temps ordinaire, mais perdant rapidement leur vitesse dès qu'il y a un peu de mer. Leur armement est faible et la protection de leurs œuvres-mortes nulle. Enfin, leur rayon d'action est relativement peu considérable.

Les autres puissances ont abordé avec plus de décision la construction des grands croiseurs et ont, par suite, une avance considérable sur nous.

Ce n'est pas que nos Ingénieurs n'aient présenté, il y a déjà près de vingt ans, des projets se rapprochant beaucoup des types adoptés aujourd'hui, mais les Conseils de la Marine les ont rejetés à différentes reprises.

Je citerai ce que dit à ce sujet M. Bertin, aujourd'hui Directeur des constructions navales (1) :

« Le croiseur à flottaison cellulaire proposé en France, en 1872, présentait, dès la fin de 1873, les dispositions de cloisonnement avec cofferdam, corridors, etc., qui viennent d'être adoptées par la Marine américaine. Les compartiments intérieurs sont même de dimensions analogues. Ce premier projet eut, au début, l'heureuse fortune d'être approuvé deux fois; une discussion au sujet d'expériences, qui sont encore à faire, retarda la mise en chantier; un renouvellement du Conseil le fit abandonner.

» Nos trois premiers croiseurs en fer furent construits sur un modèle anglais déjà vieilli. Des deux hauts personnages ayant autorité dans le Conseil, l'un regardait les vitesses de 15 à 16 nœuds comme dispensant de tout système défensif; le second pensait que la France ayant construit le premier cuirassé, il ne convenait pas qu'elle fît le premier décuirassé.

» Le projet de cellulaire fut ensuite refusé de nouveau en 1875 en présence des projets de frégates *en bois* alors demandés aux arsenaux. Ces frégates, du reste, marquaient à peine un pas en arrière puisqu'on n'avait pas utilisé, pour les croiseurs antérieurs, le principal avantage que donne la construction en fer. Pendant

(1) *La Marine des États-Unis*, p. 45 et 46. Bernard et Cie.

huit ans, tous nos bâtiments non cuirassés furent construits sans aucune protection.

» En 1881, la dernière frégate en bois, déjà commencée à Rochefort, fut remplacée par un croiseur véritable. Le Conseil des Travaux n'opposa qu'une objection de pure forme au sujet de l'ancien programme d'expériences; on doit cependant quelque reconnaissance à ceux qui acceptèrent la responsabilité de passer outre. Quelques sacrifices avaient été nécessaires; les canons en tourelles isolées des projets de 1872-1873 avaient été remplacés par la batterie des frégates; il fallut, de plus, modifier l'arrière par l'abandon d'un modèle qui allait être adopté partout.

» Un mot encore au sujet du *Sfax :* deux projets avaient été présentés, l'un armé pour les mers d'Europe, l'autre mâté pour les stations lointaines; le navire des mers lointaines fut construit et fut ensuite consacré aux mers d'Europe. »

Il n'y a rien à ajouter à ce tableau saisissant des causes du retard de vingt ans apporté à l'adoption de projets dont sont inspirées toutes les constructions actuelles.

Ce retard a-t-il du moins permis de perfectionner les types proposés ? On en peut douter, ainsi que le montre le tableau ci-dessous, donnant la comparaison d'un projet présenté en 1885 par M. Bertin avec le *d'Entrecasteaux* actuellement en construction (1).

	Projet de M. Bertin 1885	*d'Entrecasteaux* 1896
Vitesse prévue	19 nœuds	19 nœuds
Valeur prévue de l'utilisation . . .	3,64	3,79
Coefficient de distance franchissable.	2,12	1,61
Grosse artillerie	2 de 24 *cm*	2 de 24 *cm*
Moyenne artillerie	12 de 14	12 de 14
Petite artillerie	12 de 47	12 de 47
	20 de 37	4 de 37

Dix ans de réflexion n'ont donc abouti qu'à donner au nouveau projet une légère supériorité, d'ailleurs bien aléatoire, comme utilisation. Par contre, le rayon d'action si important pour les croiseurs, a baissé de 24 0/0 sur celui prévu primitivement et l'artillerie de petit calibre, si utile pour la défense contre les torpilleurs, a diminué de 75 0/0.

(1) *La Marine américaine*, p. 48. Bernard et Cie.

Nous sommes donc actuellement très en retard au point de vue des croiseurs, les types n'en sont pas encore définitivement choisis, chacun de ceux en service présentant des avantages et des inconvénients, et il est intéressant d'examiner ce qu'ont fait depuis quinze ans les diverses puissances maritimes.

Nous allons passer en revue les principaux types de plus de 4 000 *tx* en service et en construction.

Les types à étudier sont au nombre de 21, savoir :

Allemagne.	— Types	*Irène, Kaiserin-Augusta.*
Angleterre.	—	*Imperious, Edgar, Blenheim, Terrible.*
Autriche.	—	*Kaiserin-Maria-Theresia.*
Espagne.	—	*Reina-Regente, Infanta-Maria-Teresa, Imperador-Carlos V.*
États-Unis.	—	*Minneapolis, Brooklyn.*
France.	—	*Sfax, Cécile, Tage, Charner, Dupuy-de-Lôme.*
Italie.	—	*Piemonte, Garibaldi.*
Russie.	—	*Amiral-Korniloff, Rurik.*

On trouvera, de plus, sur le tableau n° 2 résumant les données de ces différents croiseurs des renseignements sur les croiseurs *Pothuau, D'Entrecasteaux, Jeanne-d'Arc, Châteaurenault* et *Guichen*, actuellement en projet ou en construction par la marine française.

Dans l'étude qui va suivre, la description des différents types est donnée aussi détaillée que possible. Aux dimensions absolues sont joints une série de rapports permettant de se rendre compte des proportions existant entre les divers éléments d'un navire, et de faire des comparaisons entre deux navires différents. Enfin, un coefficient de finesse des lignes d'eau permet de comparer approximativement la résistance au mouvement offerte par les divers types.

Le coefficient de distance franchissable a été calculé par la formule usuelle $\frac{C}{P^{\frac{2}{3}}}$, C étant l'approvisionnement de combustible normal et P le déplacement. Il faut remarquer que, sur certains navires, la valeur de C peut être assez considérablement augmentée, sans qu'il y ait pour cela surcharge. Le renseignement donné par ce coefficient n'est donc qu'une indication, d'autant plus approximative que la consommation des appareils auxiliaires, si nombreux sur certains types, n'entre pas en ligne de compte et peut modifier d'une manière sensible le chiffre donné.

La puissance offensive a été calculée d'une manière analogue à celle proposée par M. Merveilleux du Vignaux (1), mais, pour qu'on puisse se rendre mieux compte de la valeur des navires à ce point de vue, l'horizon a été divisé en quatre secteurs à 45° par rapport à l'axe longitudinal, par lesquels a été donnée en tonnes-mètres la puissance vive des projectiles lancés par la grosse, la moyenne et la petite artillerie.

Le nombre de coups que chaque catégorie d'artillerie peut tirer par minute a été pris inférieur à celui donné par les expériences de tir, dans lesquelles les pièces sont manœuvrées par un personnel exercé.

Les bases adoptées sont les suivantes :

1	coup par minute par	les pièces de	200 à 240 *mm.*
2	—	—	180 à 200
3	—	—	150 à 180
5	—	—	100 à 150
7	—	—	65 à 100
12	—	—	47 à 65
18	—	—	37 à 47

Quant à la puissance de perforation à la bouche, elle a été calculée par la formule $v = 1{,}530 \frac{a^{0,75}}{p^{0,5}} E^{0,7}$ qui a été indiquée par M. le capitaine Rodier et dans laquelle :

v est la vitesse en mètres;

a diamètre de la partie cylindrique du projectile;

p le poids du projectile;

E épaisseur de la plaque en décimètres.

Cette formule correspond à l'acier du Creusot frappé par un projectile de fabrication française. Les plaques de blindage et les projectiles étrangers sont donc supposés de qualité égale, ce qui n'est quelquefois pas exact.

La perforation, sous un angle donné α, est calculée par les formules de M. le lieutenant de vaisseau Louel, qui supposent le rapport des forces vives au moment de l'impact variant pour la

(1) Voir *Bulletin* de février 1895. Note sur les mémoires présentés à l'Association technique maritime.

pénétration sous l'angle σ et la pénétration normale, ainsi que l'indique l'expression ci-dessous :

$$\frac{f_\alpha}{f} = \overline{\sec^2}\left(\frac{3\alpha}{2}\right);$$

d'où :

$$\varepsilon_\alpha = \varepsilon\,\overline{\cos^2}\left(\frac{3\alpha}{2}\right),$$

ε étant l'épaisseur perforée.

Pour $\alpha = 60°$, $\overline{\cos^2}\frac{3\alpha}{2} = 0$ et $\varepsilon_\alpha = 0$. C'est, en effet, à partir de cet angle d'incidence que commence le ricochet.

Pour $\alpha = 40°$, $\varepsilon_\alpha = \frac{1}{4}\varepsilon$.

Pour des incidences de 40 à 60°, la pénétration varie donc de $\frac{1}{4}\varepsilon$ à 0.

Comme, d'autre part, les plus épaisses cuirasses de navires ne dépassent pas 600 *mm*, on voit que, comme le demande l'amiral Fournier, il est rationnel de limiter l'épaisseur du cuirassement total à $\frac{600}{4} = 150$, à condition de présenter à l'ennemi des surfaces obliques pour lesquelles l'angle d'incidence des projectiles varie de 40 à 60°.

Il est bien entendu qu'en raison de la difficulté de se procurer des renseignements absolument exacts, ces divers rapports et coefficients ne présentent, surtout pour l'artillerie, dont les progrès sont pour ainsi dire quotidiens, que des approximations, cependant suffisantes pour les comparaisons.

Les dates indiquées auprès des noms des navires sont celles du lancement.

MARINE ALLEMANDE

Croiseur protégé « Irène » (1887) *(fig. 7, 8 et 9).*

Le croiseur protégé *Irene* figure sur l'état de la flotte allemande sous la désignation de « corvette cuirassée de croisière ». Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	94,00 *m*
— de bout en bout.	103,50

Largeur au fort	14,00
Tirant d'eau moyen.	6,40
Déplacement	4400 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	6,7
Rapport du déplacement au parallélipipède circonscrit.	0,52
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,078

Ce navire est semblable à la *Prinzess Wilhelm.*

Système de construction. — La coque est en acier avec revêtement en bois et doublage en cuivre. L'avant est à étrave renversée.

Des cloisons longitudinales et transversales divisent la coque en nombreux compartiments étanches. Ceux de ces derniers placés en abord, ont reçu intérieurement un revêtement de liège de 1,35 *m* d'épaisseur.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé en dos de tortue, dont les extrémités descendent de 1,50 *m* à 2 *m* au-dessous de la flottaison. Il n'existe aucun cuirassement vertical, sauf le blockhaus de commandement qui est blindé à 51 *mm.*

L'épaisseur du pont cuirassé est de 76 *mm.*

Mâture. — La mâture comprend deux mâts militaires avec hunes de combat garnies de canons-revolvers de 37 *mm* et de projecteurs électriques. Il n'y a pas de voilure.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend deux machines verticales commandant chacune une hélice de 4,85 *m* de diamètre. Les propulseurs sont protégés par la saillie que fait la coque à l'arrière.

Les machines peuvent développer une puissance de 8,000 *ch* en donnant au navire une vitesse de 18 nœuds.

Les chaudières sont cylindriques à retour de flamme avec foyers intérieurs. Il y a deux cheminées placées entre les mâts militaires.

L'approvisionnement de combustible est de 900 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 3,39.

Armement. — Outre 6 tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

4 canons de 150 *mm* installés en encorbellement sur les flancs, et battant un secteur de plus de 180°;

10 canons de 105 *mm* disposés, 2 à l'avant pour tirer en chasse et les 8 autres 4 de chaque bord vers l'arrière;

4 canons-revolvers de 50 *mm* répartis sur le pont des gaillards ;
4 canons-revolvers de 37 *mm* installés dans les hunes de combat ;
La puissance offensive du secteur d'avant est de. . 15 520 *tm*
Celle du secteur d'arrière de 12 210
Celle de chacun des secteurs latéraux 28 540

Les épaisseurs d'acier perforées à la bouche, normalement ou à 40° par les pièces de 150 *mm* et de 105 *mm* sont les suivantes :

	Pièces de 150 *mm*.	Pièces de 105 *mm*.
Perforation normale. . .	300 *mm*	166 *mm*
— à 40°. . . .	75	41

La présence de la batterie de 4 pièces de 105 *mm* de chaque bord augmente donc sensiblement la puissance offensive pour le combat bord à bord, mais l'absence de protection des œuvres-mortes et des postes de combat rendrait cette position dangereuse pour l'*Irène*.

Équipage. — L'équipage se compose de 358 hommes.

Croiseur protégé « Kaiserin Augusta » (1892).

Ce croiseur protégé rappelle dans ses principales lignes le type *Irène*, mais est plus grand. Il a été lancé en 1892 et est le premier et le seul navire de la flotte allemande muni de trois hélices.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	118 *m*
Largeur au fort	15 *m*
Tirant d'eau arrière	7 *m*
Déplacement	6 050 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	7,8
— du déplacement au parallélipipède circonscrit.	0,502
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,064

Ce navire est seul de son type.

Système de construction. — La coque est en acier ; elle est divisée en nombreux compartiments étanches par des cloisons longitudinales et transversales. Elle a reçu un soufflage en bois revêtu d'un doublage en cuivre.

Les compartiments étanches en abord sont garnis de matières obturantes.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé de 76 *mm* d'épaisseur, disposé en dos de tortue et dont les côtés descendent au-dessous de la flottaison. Il n'y a pas de cuirassement vertical.

Mâture. — La mâture comprend deux mâts militaires légers, munis de hunes de combat garnies de canons-revolvers et de projecteurs électriques. Il n'y a pas de voilure.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend 3 machines verticales à triple expansion commandant chacune une hélice, placées une dans l'axe du navire et les deux autres de chaque côté. L'hélice médiane fonctionnant seule donne au navire une vitesse de 15 nœuds; les deux hélices latérales lui donnent une vitesse de 18 nœuds, et, enfin, avec les trois hélices fonctionnant simultanément, la vitesse atteint 20 nœuds, la puissance développée étant 12 000 *ch.* Les chaudières sont cylindriques, et il y a 3 cheminées placées entre les mâts militaires.

Armement. — L'armement comprend, outre 5 tubes lance-torpilles placés au-dessus de la flottaison, 1 à l'avant et les 4 autres répartis sur les deux bords, les pièces d'artillerie suivantes :

12 canons de 15 *cm;*
8 — de 87 *mm* à tir rapide;
8 — de 37 *mm* —

Les épaisseurs d'acier traversées par les projectiles de 15 *cm* et 87 *mm* sont approximativement les suivantes :

	Pièces de 15 *cm.*	Pièces de 87 *mm.*
Perforation normale. . .	300 *mm*	112 *mm*
— à 40°. . . .	75	28

Équipage. — L'équipage comprend 427 hommes.

Le croiseur *Kaiserin Augusta* n'a pas donné les résultats qu'on en attendait, il a fait de fréquentes avaries, et, bien que lancé seulement en 1892, il a dû subir de coûteuses réparations en 1895.

MARINE ANGLAISE

Croiseur cuirassé « Imperious » (1883) *(fig. 10, 11 et 12)*.

Ce croiseur a été mis en chantier en 1881 sur les plans de Sir N. Barnaby; lancé en 1884, il a été terminé en 1886.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	96,08 *m*
Longueur totale	105,70 *m*
Largeur extrême.	18,91 *m*
Tirant d'eau moyen	8,24 *m*
Déplacement	8 500 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	5,08
Rapport du déplacement au volume du parallélipipède circonscrit.	0,56
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,11

Ces dimensions ne sont pas celles du plan : par suite de surcharge, le tirant d'eau a augmenté de 0,64 *m*, malgré la suppression de la mâture.

Système de construction. — La coque est en acier avec soufflage en bois et doublage en cuivre ; elle comporte un double fond et un cloisonnement longitudinal et transversal.

L'avant est droit avec un petit éperon faisant légèrement saillie ; l'arrière est assez massif et rappelle les arrières de paquebots. Il y a quatre tourelles barbettes fixes, deux dans l'axe à l'avant et à l'arrière et deux autres au milieu de chaque bord, en saillie. Le blockhaus de commandement est en arrière de la tourelle d'avant.

Protection. — Il y a une ceinture cuirassée en acier de 254 *mm* d'épaisseur régnant sur une longueur de 42 *m*, environ. Cette cuirasse, qui a 2,43 *m* de hauteur, devait émerger de 0,91 *m*, mais, par suite de la surcharge, elle n'émerge plus que de 0,25 *m*, quantité tout à fait insuffisante.

Les tourelles sont cuirassées à 229 *mm*. Des cloisons transversales également blindées à 229 *mm* complètent la protection du réduit central; le blockhaus de commandement est également cuirassé à 229 *mm*.

En outre, un pont blindé à 76 *mm* protège les parties essentielles du navire, et un autre pont blindé à 38 *mm* protège le réduit central.

Mâture. — La mâture primitive de brick a été remplacée par une mâture militaire plus légère, pour diminuer la surcharge; l'insuffisance des qualités nautiques à la voile rendait, d'ailleurs, en escadre, l'*Imperious* dangereux pour ses voisins.

Appareil moteur. — L'appareil moteur se compose d'une machine de 7 855 *ch* aux essais, commandant une hélice qui imprime au navire une vitesse de 15,9 nœuds.

L'approvisionnement de combustible, fixé d'abord à 400 *t*, a été porté à 900 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,1.

Armement. — L'armement comprend 4 canons de 234 *mm* installés dans les 4 tourelles, 6 canons de 152 *mm* en batterie sur les deux bords, et 12 canons divers à tir rapide.

Il existe, de plus, 6 tubes lance-torpilles.

En ne comptant que les pièces de 234 *mm* et 152 *mm*,

La puissance offensive du secteur d'avant est de . .	8 135 *t*
Celle du secteur d'arrière de	5 151
Celle des secteurs latéraux de	14 643

Les épaisseurs d'acier traversées par les projectiles de 234 *mm* et 152 *mm* sont approximativement :

	Pièces de 234 *mm*	Pièces de 152 *mm*
Perforation normale . . .	494 *mm*	244 *mm*
— à 40°	123	61

Équipage. — L'équipage se compose de 520 hommes.

En 1894, l'*Imperious* a subi de fortes réparations et modifications dans sa coque et ses machines pour le transformer en garde-côtes. Son armement a été augmenté, et des tubes lance-torpilles sous-marins ont été installés.

Il n'existe que deux navires de ce type, l'*Imperious* et le *Warspite* qui ne présentent que des différences de détail.

Croiseur protégé Edgar (1890) *(fig. 13, 14, 15).*

Ce navire rappelle par ses dispositions le *Blenheim* et le *Blake* mais est de dimensions plus petites. Ses données sont les suivantes :

Longueur	109,73 *m*
Largeur	18,30 *m*

Tirant d'eau arrière.	7,80 *m*
Déplacement.	7 350 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	6
Rapport du déplacement au volume du parallélipipède	0,50
Coefficient de finesse des lignes d'eau.	0,083

Système de construction. — La coque est en acier; elle est revêtue d'un soufflage en bois et d'un doublage en cuivre. Elle possède de nombreux compartiments étanches, et est munie d'un double fond sur la longueur correspondant aux machines et chaudières. L'avant a un éperon légèrement saillant, l'arrière est elliptique. Le gouvernail est compensé.

Protection. — Il n'y a pas de ceinture cuirassée, mais seulement un pont cuirassé en forme de dos de tortue dont l'épaisseur atteint 127 *mm* pour les parties inclinées. Sa partie horizontale est à 0,30 *m* au-dessus de la flottaison, mais ses extrémités latérales descendent à 1 *m* environ au-dessus. Comme les machines dépassent le pont cuirassé, elles sont protégées par des glacis inclinés de 152 *mm* d'épaisseur. L'épaisseur des parties horizontales du pont n'est que de 60 *mm*.

Les tourelles sont cuirassées à 300 *mm* d'épaisseur.

Pour compléter la protection, les compartiments d'abord au-dessus de la flottaison sont remplis de charbon et de cofferdam. Enfin des casemates blindées à 15 *cm* abritent les pièces qui ne sont pas en tourelles.

Mâture. — La mâture ne comprend que deux mâts à pible destinés aux signaux et à une voilure légère. Ils sont dépourvus de hunes militaires. L'étai qui réunit leurs capelages sert à soulever les poids sur le pont.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend deux machines verticales à triple expansion. Ces machines développent 10 900 *ch* au tirage naturel et impriment au navire une vitesse de 18 nœuds. Au tirage forcé elles développent 12 à 13 000 *ch* et la vitesse s'élève à 20 nœuds environ.

Les chaudières, au nombre de huit, sont cylindriques et à double façade. Elles sont timbrées à 10 *kg*. Leurs cheminées sont au nombre de deux et s'élèvent entre les deux mâts, dans l'axe du navire.

L'approvisionnement de charbon est de 850 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,25.

Armement. — L'armement comprend : outre 4 tubes lance-torpilles, 2 canons de 234 *mm* à pivot central, placés à l'avant et à l'arrière, dans l'axe du navire. Ces pièces sont munies de masques d'acier de 152 *mm* d'épaisseur.

10 canons de 152 *mm* disposés, savoir : 4 en demi-tourelles faisant saillie sur chaque bord à l'avant et à l'arrière ; 4 en encorbellement dans des casemates blindées, et 2 sur le pont supérieur. Toutes ces pièces sont munies de masques d'acier de 152 *mm*. Sur les pièces de 152 *mm*, 4 tirent en chasse ou par le travers, 4 en retraite ou par le travers et 2 ne tirent que par le travers.

L'artillerie légère comprend 19 pièces de 47 et 57 *mm* à tir rapide, réparties sur les superstructures du navire. La puissance offensive des différents secteurs peut s'évaluer approximativement de la manière suivante :

Secteur d'avant	9 317 *tm*
Secteur d'arrière.	9 317
Secteurs latéraux.	13 888

Les épaisseurs d'acier traversées par les projectiles de 234 *mm* et 152 *mm* sont les mêmes que celles données pour les pièces de l'*Imperious*.

Équipage. — L'équipage comprend 544 hommes.

La marine anglaise possède cinq navires de ce type : l'*Edgar*, l'*Endymion*, le *Hawke*, le *Grafton*, le *Theseus*.

Croiseur protégé Blenheim (1890).

Ce type de croiseur protégé, contemporain du type *Edgar*, en reproduit les principales dispositions à une échelle plus considérable. Le *Blenheim*, comme son semblable, le *Blake*, a été construit sur les plans de M. White. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	114,29 *m*
Largeur	19,81 *m*
Tirant d'eau arrière.	8,15 *m*
Déplacement.	9 000 *t*
Rapport de la longueur à la largeur.	7,7
Rapport du déplacement au volume du parallélipipède	0,55
Coefficient de finesse des lignes d'eau.	0,088

Système de construction. — La coque ainsi que tous les aménagements sont en acier. Elle est divisée en de nombreux compartiments étanches, tant au-dessus qu'au-dessous du pont cuirassé, Un double fond règne sur la longueur des chambres de machines et de chaudières, soit sur près de la moitié de la longueur totale. La coque est munie de deux quilles latérales de roulis, de sorte que cette addition, jointe à la grande largeur du navire assure une grande stabilité de plate-forme pour l'artillerie.

Protection. — Il n'existe pas de cuirassement vertical. La protection n'est constituée que par un pont cuirassé en forme de dos de tortue, et le cloisonnement cellulaire à la flottaison. Les parties inclinées du pont cuirassé qui descendent latéralement à plus d'un mètre au-dessous de la flottaison ont 152 *mm* d'épaisseur, les parties horizontales n'ont que 76 *mm* d'épaisseur, et aux extrémités du navire l'épaisseur du pont cuirassé descend à 50 *mm*. Le blockhaus de commandement est cuirassé à 152 *mm*; enfin les pièces d'artillerie sont protégées par des masques d'acier inclinés et mobiles avec la pièce.

Mâture. — La mâture comprend deux mâts de signaux susceptibles de porter une légère voilure, mais celle-ci n'est pas prévue. Ces mâts sont analogues à ceux du type *Edgar*, c'est-à-dire dépourvus de hunes militaires.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend quatre machines verticales à triple expansion commandant deux à deux, deux hélices. Les vitesses obtenues ont été les suivantes :

A	39 tours	d'hélices, puissance développée	1 028 *ch*,	vitesse	8,38 nœuds
—	50	— —	2 079 *ch*,	—	12 —
—	66	— —	4 877 *ch*,	—	14,64 —
—	84	— —	9 758 *ch*,	—	18 —
—	105	— —	21 411 *ch*,	—	21,6 —

Les cylindres des machines dépassant le pont cuirassé sont garantis par des cuirassements inclinés analogues à ceux employés sur le type *Edgar*, de 152 *mm* d'épaisseur. Les chaudières, à double face sont au nombre de six, et il existe quatre foyers circulaires intérieurs sur chaque face. Les deux cheminées sont dans l'axe du navire entre les deux mâts.

L'approvisionnement de combustible est de 1 500 *t* et correspond à un coefficient de distance franchissable de 3,4, chiffre

élevé, mais qui est diminué par la consommation des machines auxiliaires, très nombreuses à bord.

Armement. — L'artillerie du *Blenheim* est répartie de la même façon que celle du type *Edgar*, elle comprend : 2 canons de 234 *mm* placés dans l'axe du navire, l'un en chasse à l'avant, l'autre en retraite à l'arrière; sur les flancs, dans des demi-tourelles saillantes ou en encorbellement se trouvent 10 canons de 152 *mm*, l'artillerie légère comprend 18 canons-revolvers de 37 *mm* répartis sur les superstructures. Il y a six tubes lance-torpilles.

La puissance offensive des quatre secteurs peut s'évaluer approximativement de la manière suivante :

Secteur avant	14 289 *tm*
Secteur arrière.	14 289
Secteurs latéraux.	15 899

Les épaisseurs d'acier traversées par les projectiles de 234 *mm* et 152 *mm* sont les suivantes :

	Pièces de 234 *mm*	Pièces de 152 *mm*
Perforation normale à la bouche. .	494 *mm*	244 *mm*
— à 40°.	123	61

Équipage. — L'équipage comprend 554 hommes.

Il n'existe dans la Marine anglaise que deux navires de ce type, le ***Blake*** et le ***Blenheim***.

Croiseur protégé « Terrible » (1895) *(fig. 16, 17 et 18).*

Le croiseur protégé *Terrible*, construit par la maison Thompson à Clydebank, est actuellement le plus grand et le plus puissant croiseur existant. Il est d'un type entièrement nouveau, créé par M. William White, et, à ce titre, mérite une étude détaillée.

Il est d'ailleurs en quelque sorte le développement du système de protection à l'aide d'un pont cuirassé et d'une flottaison cellulaire réalisé pour la première fois, en 1877, par la Marine anglaise. L'apparition des explosifs puissants aujourd'hui en service a toutefois amené à modifier la forme du pont cuirassé, et à lui donner une forte courbure.

Les données principales du *Terrible* sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	152,00 *m*
— hors tout.	162,00

Largeur	21,60
Creux au pont supérieur	13,20
Tirant d'eau en charge	8,20
Déplacement	14 475 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	7
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,55
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,078

Système de construction. — La coque est entièrement en acier ainsi que tout le compartimentage. Elle est à double fond pour la partie placée au-dessous du pont cuirassé. L'écartement entre le bordé extérieur et le vaigrage est variable, il est de 1,20 *m* dans les fonds et de 0,75 *m* seulement au tournant des varangues, pour revenir à 1,20 *m* à la rencontre du pont cuirassé. Dans la région des machines, l'écartement entre les deux fonds est porté à 2,40 *m*, par suite de la forme du pied des couples qui supportent les plaques de fondation des machines.

Il n'y a pas de quille centrale, la quille extérieure étant simplement formée des deux épaisseurs de jonction des virures de bordé. Par contre, il y a deux quilles latérales limitant l'amplitude des roulis. Elles sont en bois de teck, ont la forme d'un V de 0,90 *m* de hauteur et sont doublées en cuivre. Leur longueur est de 67,20 *m*, soit 0,44 de la longueur. La membrure est en acier comme le bordé; les couples sont réunis par des pièces intercostales également en acier, seuls l'étrave et l'étambot sont en bronze phosphoreux. Le poids de ces pièces atteint 15 240 et 50 800 *kg*.

Le bordé d'acier doux est recouvert extérieurement d'un soufflage en teck doublé lui-même en laiton laminé. Les virures du bordé sont assemblées par des rivets de 22 *mm*. Le soufflage en teck est formé d'un seul plan de bois de 100 *mm* d'épaisseur, solidement relié aux tôles de bordé par des boulons en bronze dont les têtes noyées de 25 *mm* dans le teck sont recouvertes de tampons étanches.

La largeur des virures du bordé en teck est de 0,30 *m* environ et l'écartement des boulons de fixation de 0,75 *m*. Les coutures du bordé en teck sont calfatées avec soin, à l'aide d'étoupes et de brai, et le bois est lui-même recouvert de papier goudronné avant de recevoir le doublage en cuivre qui est fixé par des vis de 12 *mm* de diamètre.

L'avant de l'étrave est en forme d'éperon faisant saillie de 4,50 *m* sur la partie verticale.

Le châssis du safran du gouvernail est en bronze comme l'étambot et pèse 21 300 *kg*. Le safran a une surface de 23,22 m^2; il est compensé et rempli de bois de pin recouvert de laiton laminé soigneusement maté.

Le harnais de commande de la machine à gouverner placée sous le pont cuirassé comporte une vis double à trois filets dont les deux parties, qui sont de pas contraires, portent un écrou commandant les bielles de manœuvre du gouvernail. Celles-ci ont 0,253 *m* de diamètre et 3,05 *m* de longueur. La barre du gouvernail est venue d'une seule pièce avec la mèche. Le poids du gouvernail est supporté par six galets en métal à canon roulant sur un chemin de fer circulaire fixé à l'étambot. Un presse-étoupes assure l'étanchéité du passage de la mèche.

La machine à gouverner peut être commandée par deux puissantes machines à pilon dont les cylindres ont 0,330 *m* de diamètre et 0,254 *m* de course. La barre franche de 1,980 *m* de longueur peut être manœuvrée à la main, un débrayage permettant de l'isoler des machines de commande.

Pour éviter les chocs, toutes les roues d'engrenage de la machine à gouverner sont taillées et ajustées.

Outre la commande à vapeur, des roues à bras munies d'aiguilles indicatrices de la position du gouvernail permettent de manœuvrer celui-ci en cas d'avaries.

La portion de la carène placée sous le pont cuirassé comprend, outre la partie qui renferme les chaudières et les machines, une plate-forme de cale et un faux pont. Ces deux étages sont utilisés comme magasins et soutes; on y trouve également la machine à gouverner, les machines commandant les cabestans, le compresseur d'air pour la ventilation, et les machines dynamo de l'éclairage.

Sur la plate-forme, aux extrémités avant et arrière se trouvent les postes des tubes pour le lancement des torpilles qui sont sous-marines, ce qui diminue les chances d'explosion par suite du choc d'un projectile ennemi. Ces tubes ont 203 *mm* de diamètre.

Sous le pont cuirassé se trouvent encore de chaque côté des passages à munitions entourés de soutes à combustible qui contribuent à les garantir.

Celles-ci viennent encore apporter aux machines et chaudières une protection supplémentaire sur une longueur de 76,80 *m*, c'est-à-dire sur presque la moitié de la longueur du navire; d'ailleurs, le grand nombre de compartiments étanches (236) tend à localiser les voies d'eau.

La tranche placée au-dessus du pont cuirassé est utilisée comme soutes à combustible, à vivres, à eau, etc... Le pont principal placé au-dessus renferme les logements des officiers et de l'équipage. Enfin, sur le pont supérieur et à l'arrière sont placés les logements de l'amiral, du commandant et de l'état-major, tandis qu'à l'avant se trouve un poste supplémentaire pour l'équipage.

Au-dessus de ce dernier pont se trouve encore une superstructure destinée à recevoir les embarcations. Elle a seulement une largeur de 4,90 *m* de chaque côté du navire.

A l'avant du pont supérieur se trouve le blockhaus de commandement. Pour la navigation et en temps de paix, se trouve, à hauteur de ce blockhaus, une passerelle sur laquelle sont placés la chambre des cartes, les compas télégraphes, l'appareil à gouverner, etc..., à chacune des extrémités de cette passerelle se trouve un puissant projecteur.

Sur le toit de la chambre des cartes est placé un léger pont volant; c'est le point le plus élevé de la coque, il se trouve à 15,85 *m* au-dessus de la flottaison.

Protection. — Il n'existe aucun cuirassement vertical. La protection est assurée par un pont cuirassé qui, en raison de la puissance des nouveaux explosifs, présente une courbure beaucoup plus prononcée que celle usitée jusqu'ici. On estime qu'en raison de l'angle d'incidence des projectiles, la protection sera suffisante.

La partie la plus haute du pont cuirassé est à 1,05 *m* au-dessus de la flottaison tandis que ses extrémités latérales descendent à 2,100 *m* au-dessous. La flèche totale a donc une hauteur de 3,150 *m*. L'épaisseur du pont cuirassé, composé de trois tôles d'acier rivées entre elles, est de 100 *mm* vers le milieu du navire et 75 *mm* seulement vers les extrémités.

Grâce à cette grande flèche, les machines verticales ont pu être logées tout entières au-dessous du pont cuirassé, à condition de réduire, il est vrai, la course et la longueur des bielles.

Le blockhaus de commandement, placé à l'avant du pont supérieur a un diamètre de 2,900 *m*. L'épaisseur de la cuirasse compound qui le revêt est de 0,304 *m*, et l'ouverture pour y pénétrer est protégée par un épais masque d'acier.

Ce blockhaus renferme les télégraphes et les appareils de commande de la machine à gouverner. Il communique avec les différentes parties du navire à l'aide de tubes acoustiques et de télégraphes placés dans un tube métallique de 0,228 *m* de dia-

mètre et de 0,228 *m* d'épaisseur qui le relie à la partie du navire située au-dessous du pont cuirassé.

Enfin les pièces d'artillerie sont abritées soit par des carapaces d'acier tournant avec la pièce, soit par des casemates pentagonales cuirassées à 0,150 *m*. Leurs munitions leur arrivent par des tubes blindés à 0,150 *m* également.

Mâture. — La mâture comporte deux mâts munis de hunes de combat. Le mât d'avant, placé immédiatement derrière la passerelle, porte deux hunes militaires armées chacune de 2 canons à tir rapide. Au-dessus de la plus haute se trouve une plate-forme pour projecteur.

Les mâts ont 0,914 *m* de diamètre; ils sont tubulaires avec monte-charges intérieurs pour les munitions des hunes. Chacun d'eux porte aussi une grue pour la manœuvre des embarcations. Celle du grand mât est particulièrement puissante; son bras, en acier, a 0,455 *m* de diamètre. Elle est destinée à soulever de petits torpilleurs. Deux puissants guindeaux à vapeur, installés sur le pont supérieur, en rendent la manœuvre facile. La plus grande embarcation manœuvrée a 17 *m* de longueur.

Chaque mât est muni de 2 vergues pour les signaux, mais ne comporte pas de voilure. Les étais qui les relient sont disposés pour permettre de soulever les calottes des cheminées, les manches à air et toutes les pièces lourdes placées sur le pont.

Appareil moteur. — Les machines *(fig. 19* et *20)* sont, ainsi qu'il a été dit plus haut, entièrement placées sous le pont cuirassé. Elles sont à triple expansion et du type à pilon. Leurs dimensions sont les suivantes :

Nombre de machines	2
Diamètre du cylindre à haute pression	1,143 *m*
— — moyenne —	1,777 *m*
— des 2 cylindres à basse pression	1,93 *m*
Course des pistons	1,219 *m*
Nombre de tours	110
Force indiquée de chaque machine	12 500 *ch*
Vitesse correspondante	22 *n*

Dans chaque machine, le cylindre HP est placé vers l'avant et muni de distributeurs à pistons, tandis que les autres cylindres ont des tiroirs plats à triple orifice.

Pour augmenter la raideur longitudinale de la machine et évi-

ter les déformations, les cylindres sont solidement assemblés les uns aux autres à l'aide de boulons.

De plus, des entretoises les relient à la charpente du navire tant dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

Les machines sont séparées longitudinalement par une cloison médiane, de manière à localiser autant que possible les avaries. Elles sont supportées par des carlingues très robustes assurant la rigidité de la base. La hauteur de ces dernières atteint 2,400 *m*.

Les cylindres sont en fonte à grain serré, les couvercles et enveloppes de vapeur sont en acier. Le poids des tiroirs plans est équilibré pour diminuer les forces d'inertie aux bouts de course. La distribution est à double excentrique, le changement de marche est commandé par une machine à 2 cylindres fixée sur une des colonnes du bâti. Chacun des leviers de coulisse est muni d'une vis et d'un écrou permettant de faire varier séparément l'admission dans chacun des cylindres.

Les pistons et bielles sont en acier Siemens-Martin, les garnitures sont métalliques tant pour les machines principales que pour les machines auxiliaires.

Les arbres à manivelles sont creux et se composent chacun de 4 pièces interchangeables; ils ont 508 *mm* de diamètre et l'évidement à 254 *mm* de diamètre.

Les manivelles ont été faites aussi légères que possible et sont munies de lubrificateurs centrifuges. Les arbres intermédiaires et ceux portant les propulseurs sont également creux. La partie placée à l'intérieur du navire a 470 *mm* de diamètre, celle placée à l'extérieur 508 *mm*. Comme le navire est doublé en cuivre, cette dernière partie est munie d'une chemise en bronze.

Les propulseurs en bronze au manganèse pèsent 10,65 *t* chacun; ils ont 3 ailes et tournent en sens inverse. Leur moyeu est en bronze à canon et les ailes en bronze au manganèse, dont la résistance plus considérable a permis de réduire la section des ailes et d'augmenter, par suite, l'efficacité des propulseurs.

Les ailes sont assemblées aux moyeux à l'aide de forts boulons en bronze. Les cages protégeant les propulseurs sont du modèle ordinaire de l'amirauté anglaise.

Les supports d'arbres d'hélices ont la forme d'un A.

Les arbres font une saillie de 15,24 *m* en dehors de la coque et sont enfermés dans des tubes qui ont longitudinalement la forme d'une poire pour diminuer autant que possible les remous dont l'action sur les propulseurs est préjudiciable à la vitesse. Trans-

versalement, ils ont 1,140 *m* sur 0,304 *m*. Le pied de leur charpente se fixant sur la carène, est muni de pattes se reliant solidement, à l'aide de rivets, aux guirlandes et à une forte carlingue existant dans cette partie du navire. L'étanchéité du passage des arbres à travers la coque est obtenue à l'aide de colliers intérieurs et extérieurs au bordé du tube porte-hélice.

Le poids total des tubes supports d'arbres d'hélices est d'environ 50 800 *kg*.

Les plaques des condenseurs ainsi que leurs couvercles sont en bronze pour diminuer le poids.

La surface refroidissante est de 2 322,50 m^2.

La condensation s'opère à l'extérieur des tubes qui ont 15,8 *mm* de diamètre et 1 *mm* 1/4 d'épaisseur. L'eau nécessaire à la condensation est fournie par 4 pompes Gwyne de 0,610 *mm* commandées chacune par une machine indépendante. Le débit de ces pompes est calculé pour la puissance maxima. A la pression de 10,54 *kg* elles peuvent évacuer 1 500 *t* d'eau par heure. Les machines de commande font 300 tours à la minute ; elles peuvent échapper directement dans l'atmosphère.

Appareils auxiliaires. — Les appareils auxiliaires comprennent 85 machines à vapeur, savoir :

Changement de marche	2
Vireurs	2
Pompes de circulation principale	4
— auxiliaires et à air	2
— d'alimentation	6
— — auxiliaires	8
— à incendie et de cale	4
— de drain	1
— des appareils distillatoires	2
— des compresseurs d'air pour souffleries	8
Ventilateurs pour cendriers	12
— pour chambre des machines	2
— pour aération générale	4
Machines électriques	3
Compresseurs d'air	4
Machines à gouverner	2
Manœuvres des embarcations	2
— du combustible	2
— des escarbilles	12

Machine d'atelier	1
Manœuvre des cabestans	2

Les échappements de toutes les machines auxiliaires se réunissent dans un collecteur qui amène la vapeur, soit dans des condenseurs spéciaux placés dans chacune des chambres des machines, soit à une cheminée verticale placée derrière les cheminées des chaudières.

Chacun de ces condenseurs auxiliaires a des appareils complètement indépendants de ceux des machines principales. Leur surface refroidissante est de 278,69 m^2, et leurs dispositions sont les mêmes que celles des condenseurs principaux.

La machine commandant le vireur est commodément placée sur une des colonnes-supports du cylindre d'arrière. Le mouvement s'opère au moyen d'une vis sans fin commandant des roues en bronze au manganèse taillées. A la pression de 10,5 *kg*, ce vireur fait exécuter un tour complet à la machine en 8 minutes. Il peut également fonctionner à bras.

Les machines électriques se composent de trois grands groupes de dynamos commandés par des machines à condensation qui leur sont directement accouplées. A 300 tours par minute, les dynamos développent un courant de 600 ampères avec une force électromotrice de 80 volts. Deux des groupes de dynamos sont placés sous le pont cuirassé, près des machines motrices, le troisième est sur le pont principal, au milieu du navire.

L'éclairage est assuré par 800 lampes de 50 et 16 bougies. Six projecteurs de 50 000 bougies sont montés, deux sur la passerelle d'avant, deux sur la passerelle d'arrière et un sur la hune de chaque mât. Chacun d'eux peut battre l'horizon.

L'électricité est aussi employée pour la manœuvre des pièces d'artillerie et de leurs munitions, ainsi que pour le tir des torpilles. Outre les télégraphes électriques, des tubes acoustiques assurent la transmission des ordres dans les diverses parties du navire.

Les deux guindeaux destinés à la manœuvre des embarcations placés sur le pont supérieur, au pied des mâts, ont des tambours capables de recevoir 73 *m* de chaîne pouvant soulever 17 *t*.

Douze monte-escarbilles avec frein automatique et deux monte-combustible assurent le service des chambres de chauffe.

L'atelier est muni d'une machine motrice à deux cylindres commandant plusieurs machines-outils, deux tours grands et

petits, une machine à percer et une machine à raboter et une meule. Des étaux et l'outillage correspondant complètent l'installation.

La ventilation du navire, surtout pour les parties placées sous le pont cuirassé, est assurée par dix-huit ventilateurs de grandes dimensions.

Deux de ces ventilateurs placés à l'avant des chambres des machines ont un diamètre de 1,80 *m* et envoient, à l'aide de forts tuyaux de vent, de l'air dans le poste d'avant des torpilles sous-marines et dans celui des cabestans qui, tous deux, sont placés sous le faux pont.

A la traversée des cloisons étanches, ces conduites sont munies de valves verticales et longitudinales fonctionnant automatiquement pour empêcher l'entrée de l'eau en cas d'avarie. La quantité d'air fournie par ces conduites est énorme, leur section étant considérable, bien qu'elles occupent peu de place.

Un branchement de ces conduites, de 230 *mm* de diamètre, aboutit dans la soute aux munitions placée sur la plate-forme de cale et un autre à celle des munitions des pièces de 132 *mm* et des têtes de torpilles.

Pour compléter la ventilation générale, il y a des arrivées et des échappements d'air pour le double fond.

Deux autres ventilateurs, de mêmes dimensions que ceux placés à l'avant des machines, sont disposés à l'arrière de ces chambres avec branchements aboutissant à la chambre des machines auxiliaires aux soutes à munitions des pièces légères, au second poste à torpilles et au compartiment de la machine à gouverner. Des bouches d'air installées dans ces divers compartiments leur fournissent l'air en abondance.

Une autre branche de la conduite d'air sert à la ventilation de l'atelier et des autres soutes à munitions placées à l'arrière.

Outre ces arrivées d'air, le navire est doté de larges conduites d'évacuation de l'air vicié. Dans chaque chambre de machine, un ventilateur de 2,100 *m* de diamètre assure l'extraction de cet air et son refoulement dans les conduites d'évacuation. Des prises d'air, disposées sur la conduite d'appel d'une manière analogue à celle des arrivées d'air frais, puisent l'air vicié dans chacun des compartiments. Des écrans convenablement placés dirigent l'air frais sur les principaux postes de manœuvre.

Enfin, d'autres ventilateurs placés par paire dans les chambres de chauffe d'arrière et par unités dans celles d'avant, ont un dia-

mètre de 1,950 *m* et répartissent l'air frais dans les chambres de chauffe.

Chaudières. — Le *Terrible* est le premier navire anglais muni de chaudières à tubes d'eau du système Belleville *(fig. 21 à 26)* déjà employé en France tant par la marine de commerce que par la marine de guerre.

Les chaudières sont au nombre de quarante-huit, réparties dans huit chambres de chauffe disposées symétriquement de part et d'autre d'une cloison médiane longitudinale. Les quatre chambres d'arrière contiennent chacune huit chaudières divisées en trois groupes. Les groupes d'avant et d'arrière ne comprennent que deux chaudières placées côte à côte; le groupe central comprend deux paires de chaudières disposées dos à dos. Les chambres de chauffe sont transversales par rapport à l'axe du navire.

Les seize chaudières restantes sont réparties dans les quatre chambres de chauffe d'avant. Ces différences d'installations sont nécessitées par la finesse des lignes du navire.

Les cheminées sont au nombre de quatre, leur forme est ovale. Leur section est variable suivant l'importance du groupe qu'elles desservent, mais leur dimension longitudinale est la même, pour raison d'harmonie. Leur hauteur au-dessus de la grille est de 24,38 *m*.

Huit machines à comprimer l'air destiné à assurer le brassage des gaz dans les foyers sont installées dans les chambres de chauffe. Ces machines se composent d'un compresseur à double cylindre pour chacune des grandes chambres de chauffe, et à cylindre unique pour les chambres d'avant plus petites. L'air est injecté dans les foyers par des tuyères placées sur la devanture de la chaudière au-dessus des portes. Il y a cinq tuyères par chaudière correspondant à toute la largeur de la grille.

La surface de grille est de 204 m^2, la surface de chauffe de 6300 m^2. Le rapport de ces deux surfaces est donc 3,08, et chaque mètre carré de surface de chauffe correspond, à toute puissance, à 4 *ch*, chiffre modéré.

Les boîtes de jonction des tubes d'eau sont en fonte malléable; les tubes sont en acier doux soudés à recouvrement. Leur diamètre est de 114,2 *mm* et leur épaisseur varie de 9,5 *mm* pour les tubes du bas, à 4,8 *mm* pour ceux du haut. Les tubes sont vissés dans les boîtes d'arrière, dont le pas est légèrement différent de celui des tubes, pour former un joint plus serré. Les tubes ont en

outre reçu des contre-écrous. Les mêmes dispositions sont adoptées pour la jonction sur les boîtes d'avant, avec cette différence qu'un seul des tubes pénètre dans la boîte, tandis que l'autre lui est relié par une partie filetée se fixant sur un bossage venu de fonte sur la boîte. Cette disposition a pour but de faciliter le démontage des tubes formant les divers éléments. Les enveloppes des chaudières ont été étudiées pour donner le poids le plus faible tout en assurant une bonne stabilité aux chaudières. Comme les collecteurs de vapeur, elles ont reçu une enveloppe d'amiante de 75*mm* d'épaisseur maintenue par une tôle mince.

L'alimentation des chaudières a été l'objet de grands soins et on a prévu, dans la mesure du possible, les avaries susceptibles de la compromettre.

Les appareils alimentaires comprennent deux systèmes de pompes principales et auxiliaires, complètement indépendants l'un de l'autre. Quatre groupes d'appareils évaporatoires et distillateurs, placés à l'arrière des chambres des machines, sont disposés pour fonctionner à double ou triple effet, ce qui augmente dans une grande proportion leur efficacité par rapport à la méthode ordinaire.

Les évaporateurs peuvent produire 122000 *l* d'eau douce par jour. Une partie de cette eau est condensée sous forme d'eau potable, très bien aérée, dans des condenseurs spéciaux. Le reste est condensé dans des condenseurs ordinaires placés dans les chambres des machines, d'où il se rend dans les bâches principales d'alimentation.

Les pompes d'alimentation principales sont du système Weir et placées par groupes de trois dans chacune des chambres des machines. Elles puisent chacune par un tuyau spécial dans les bâches d'alimentation, et ont chacune un tuyau de refoulement séparé correspondant à un groupe de chaudières. Chacune de celles-ci est alimentée par un branchement aboutissant sur le régulateur d'alimentation disposé sur sa façade.

Les huit pompes auxiliaires sont également du système Weir, et sont disposées dans les huit chambres de chauffe. Celles des quatre chambres d'arrière ont les mêmes dimensions que les pompes principales qu'elles peuvent, par conséquent, remplacer, même pour le fonctionnement à toute puissance.

Les pompes auxiliaires sont reliées aux pompes principales par un tuyautage indépendant et communiquant, de plus, avec la mer ou avec les bâches à eau potable par une disposition spéciale.

Enfin, elles sont aussi en communication avec les régulateurs d'alimentation des chaudières.

Les conduites principales de vapeur sont au nombre de six. Elles sont en tôle d'acier et placées par groupes de trois de chaque côté de la cloison médiane. Leur indépendance est absolue, et il en est de même pour les collecteurs qui amènent la vapeur des chaudières à cette tuyauterie. Chaque chaudière peut être isolée des chaudières du même groupe, et chaque groupe peut être isolé de la conduite principale de vapeur.

La vapeur produite à la pression de 18,20 *kg* n'est utilisable aux machines qu'à la pression de 14,75 *kg*. Cette réduction de pression est réalisée au moyen de détendeurs, système Belleville, placés dans les chambres des machines. Ils ont la forme d'une cloche contenant une valve percée d'ouvertures à angle droit sur l'axe et s'étendant sur les deux tiers de la circonférence. Des ouvertures correspondantes percées sur la cloche permettent, en tournant plus ou moins la partie mobile, de faire varier les sections de passage de la vapeur et, par suite, la pression qui est réglée par des ressorts à tension variable.

Le service d'incendie est assuré par deux grandes pompes doubles Thompson placées dans les chambres des machines. Ces pompes peuvent fournir 327 m^3 d'eau par heure sous une pression de 10,54 *kg* et avec quatre-vingts courses doubles par minute. Elles peuvent aussi servir de pompes d'évacuation en cas de voie d'eau.

La purge des conduites principales et auxiliaires, des soupapes de sûreté et des valves d'isolement, se fait à l'aide de branchements spéciaux qui amènent les eaux de condensation à une bâche d'où une pompe double la renvoie aux bâches d'alimentation.

L'approvisionnement de combustible est de 1 500 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,45, mais étant donné le nombre des appareils auxiliaires et leur importance, ce coefficient subira en pratique une forte réduction.

Armement. — L'armement du *Terrible* comprend 2 canons de 234 *mm*, 12 de 152 *mm*, 30 petites pièces à tir rapide ou canons-revolvers, et 4 tubes lance-torpilles.

Ces derniers sont disposés par groupe de deux à l'avant et à l'arrière sous le pont cuirassé. Le lancement des torpilles se fait à l'air comprimé. Celui-ci est fourni par des compresseurs comprenant quatre groupes de pompes de compression et huit groupes

de réservoirs d'air comprimé. Les groupes de pompes sont placés deux à l'avant et deux à l'arrière. Chacun d'eux comprend trois pompes de grandes dimensions dont toutes les parties sont étudiées pour résister à une pression correspondant à celle de 18,2 *kg* développée aux chaudières. La pression de l'air est de 119,25 *kg*. Les tubes pour séparateurs et les colonnes de charge sont en acier de qualité supérieure, leur forme est rigoureusement cylindrique et tous les joints sont exécutés avec le plus grand soin. Aux essais, ces appareils, chargés à la pression de 119 *kg*, n'ont pas dû donner en vingt-quatre heures une perte de pression de plus de 6 0/0.

Les canons de 234 *mm* pèsent 22 *t* et sont installés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière dans l'axe du navire. Ils sont dans des tourelles barbettes munies de carapaces en acier tournant avec les pièces.

Les commandements de ces canons sont respectivement à 11,25 *m* et 9,90 *m* au-dessus de la flottaison.

Huit des canons de 152 *mm* à tir rapide sont installés sur le pont principal et tirent, deux en chasse, deux en retraite et les quatre autres par le travers. Les quatre derniers sont disposés sur le pont supérieur où, grâce à un double sabord et des encorbellements, ils peuvent aussi tirer deux en chasse et deux en retraite, ou les quatre par le travers. Les commandements de ces deux étages de feux sont respectivement 4,40 *m* et 6,75 *m*.

Toutes les pièces de 152 *mm* sont abritées dans des casemates blindées à 15 *cm* en acier Harvoyé. Elles sont donc aussi bien protégées que possible ainsi que leurs passages à munitions.

Les affûts des pièces sont du système Armstrong avec frein mixte à cylindre à huile et à ressort.

C'est aussi sur le pont que sont installées quatre pièces de 87 *mm* tirant deux en chasse et deux en retraite. Leurs sabords sont très évasés en raison de la finesse des formes du navire. Ils permettent le tir avec un angle de 30° en arrière de la perpendiculaire à l'axe longitudinal du navire.

Quatre autres canons de 87 *mm* sont montés dans les mêmes conditions sur le pont supérieur et un certain nombre d'autres tirent par le travers.

Enfin les pièces légères, Hotchkiss et autres, sont réparties soit dans les hunes, soit dans les ponts élevés des superstructures.

La puissance offensive des différents secteurs peut s'évaluer de la manière suivante :

Secteur avant	15 733 *tm*
— arrière	15 733
Secteurs latéraux	18 850

Cette puissance offensive est considérable pour chacun des secteurs, mais il faut remarquer qu'elle est surtout constituée par des projectiles de 152 *mm* dont la perforation est assez faible (244 *mm* d'acier en perforation normale, 61 *mm* à 40°).

Équipage. — L'équipage comprend 900 hommes.

Il existe deux navires de ce type en construction pour la marine anglaise, le *Powerful* et le *Terrible*. Chacun d'eux coûtera 17 millions 583 000 *f*.

MARINE AUTRICHIENNE

Croiseur cuirassé « Kaiserin-Maria-Theresia » (1893)

(fig. 27, 28, 29).

Ce croiseur dérive d'un type étudié il y a quelques années, mais avec des dimensions plus considérables.

Ses données sont les suivantes :

Longueur	114 *m*
Largeur	16 *m*
Tirant d'eau arrière	6,80 *m*
Déplacement	5 370 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	7,1
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,46
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,064

Système de construction. — La coque, en acier, a un compartimentage très divisé, surtout au-dessus du pont cuirassé où règne, jusqu'à 1,70 *m* au-dessus de la flottaison, une tranche cellulaire dont les compartiments en abord sont remplis de liège, tandis que les compartiments placés vers le milieu du navire servent de soutes supplémentaires pour le combustible. Il existe vingt-deux cloisons étanches. Un double fond règne sur la longueur correspondant aux machines et chaudières. L'avant porte un éperon faisant légèrement saillie sur l'étrave. Le gouvernail est du type compensé et peut se manœuvrer d'un certain nombre de postes.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé en forme de dos de tortue. Les parties horizontales ont 45 *mm* d'épaisseur, les parties inclinées 57 *mm*. Sa partie médiane s'élève à 0,30 *m* au-dessus de la flottaison, tandis que ses extrémités transversales plongent à 1 *m* au-dessous de cette dernière. Le réduit central placé entre deux tourelles barbettes cuirassées à 100 *mm* et placées dans l'axe du navire à l'avant et à l'arrière, est limité transversalement par deux cloisons également cuirassées à 100 *mm*. Enfin une ceinture cuirassée de 75 *mm* d'épaisseur complète le système de protection.

Mâture. — La mâture ne comporte que deux mâts militaires garnis de hunes de combat.

Appareil moteur. — Il y a deux machines horizontales à triple expansion commandant chacune une hélice en bronze de 4,42 *m* de diamètre et 6,30 *m* de pas.

Les diamètres des cylindres sont 0,90 *m*, 1,30 *m* et 2 *m*. La course des pistons est de 1,05 *m*. Les condenseurs cylindriques sont placés verticalement. De puissantes pompes permettent en cas d'avarie d'évacuer 1 200 *t* d'eau à l'heure.

Outre les machines principales, il existe de nombreuses machines auxiliaires pour les divers services.

Les chaudières, au nombre de huit, sont à retour de flamme. Elles sont réparties en deux chaufferies, celle d'avant qui contient quatre chaudières à six foyers intérieurs adossés deux à deux, plus une chaudière cylindrique auxiliaire et celle d'arrière qui ne comprend que quatre chaudières adossées.

Le timbre est de 10,3 *kg*, la surface de grille de 50 m^2 et la surface de chauffe de 1 486 m^2.

Avec 9 800 *ch*, au tirage forcé, la vitesse a été de 19,4 nœuds. Il y a deux cheminées placées dans l'axe du navire entre les mâts

L'approvisionnement du combustible est de 740 *t*. Il correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,4.

Armement. — L'armement comporte, outre 4 tubes lance-torpilles, 2 canons de 27 *cm* Krupp de 35 calibres pesant 27 *t* installés dans des tourelles barbettes en forme de poire en partie encastrées dans le réduit central et placées dans l'axe du navire. Ces tourelles, cuirassées à 100 *mm*, sont surmontées d'un capot en acier de 40 *mm* d'épaisseur. Le monte-charge amenant les munitions est blindé à 90 *mm*.

8 canons de 15 *cm* Krupp à tir rapide, placés en encorbellement, 4 de chaque bord, 2 à hauteur de la batterie et 2 à hauteur du pont des gaillards; 4 de ces pièces peuvent tirer en chasse, 4 en retraite, et 4 par le travers. Elles ne sont pas protégées.

7 canons à tir rapide de 47 *mm* placés, 2 à l'avant de la superstructure, 4 à l'arrière, et 1 à l'extrême arrière. 2 canons à tir rapide de 37 *mm* placés dans les hunes.

La puissance offensive des différents secteurs est approximativement la suivante :

Secteur d'avant	14 880 *tm*
— d'arrière	15 560
Secteurs latéraux	19 300

Équipage. — L'équipage est de 450 hommes.

MARINE ESPAGNOLE

Croiseur protégé « Reina Regente » (1887) *(fig. 30, 31, 32)*.

Ce croiseur, qui s'est perdu corps et biens dans le cours de l'année 1895, avait été construit par la maison Thompson et Cie de Clydebank. Ses dimensions principales étaient les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	97,50 *m*
Longueur totale	100,60
Largeur	15,24
Creux	9,80
Tirant d'eau moyen (500 *t* de combustible)	6,22
Déplacement — — —	4 800 *t*
Tirant d'eau moyen (1 200 *t* de combustible)	7,00
Déplacement — — —	5 600 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	6,3
Rapport du déplacement au volume du parallélipipède	0,53
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,081

Système de construction. — La coque était en acier, elle comprenait 156 compartiments étanches, dont 60 au-dessous de la flottaison. La tranchée cellulaire placée au-dessus du pont cuirassé était utilisée pour loger les soutes à charbon.

Protection. — Elle était assurée par un pont cuirassé de 86 *mm* d'épaisseur, 86 *mm* dans le milieu du navire et d'épaisseur moindre aux extrémités, il descendait sur les côtés à 1,85 *m* au-

dessous de la flottaison. Par contre, elle atteignait 120 *mm* au-dessus des machines. Des soutes à combustible placées dans la tranchée cellulaire, au-dessus du pont cuirassé, complétaient la protection.

Mâture. — La mâture comprenait deux mâts de signaux munis de hunes militaires, sans voilure.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprenait deux paires de machines horizontales commandant chacune une hélice. Ces machines avaient développé aux essais :

11 500 *ch* avec 105,6 tours d'hélice au tirage forcé,
7 500 — 94,37 — — naturel.

Les vitesses réalisées avaient été respectivement 20,13 nœuds et 18,75 nœuds.

L'approvisionnement possible de combustible était de 1 200 *t*, ce qui correspondait à un coefficient de distance franchissable de 3,4, chiffre très élevé étant données les dimensions du navire. Avec 500 *t* de combustible, chiffre normal, ce coefficient tombe à 1,44.

Armement. — L'armement comportait, outre cinq tubes lance-torpilles placés deux à l'avant, un à l'arrière et deux sur les côtés, l'artillerie suivante :

Quatre canons Hontoria de 24 *cm* installés deux à l'avant et deux à l'arrière;

Six canons de 12 *cm* installés sur les flancs, dont deux de chaque bord en encorbellement;

Six canons Nerdenfeldt de 57 *mm* en batterie sur les deux bords, les deux pièces d'avant pouvant tirer en chasse;

Deux canons Hotchkiss de 37 *mm* installés dans les hunes.

La puissance offensive des différents secteurs peut s'évaluer comme suit :

Secteur d'avant	14 580 *t*
Secteur d'arrière	13 510
Secteurs latéraux	15 760

Cette puissance d'artillerie était considérable, mais la présence de pièces lourdes sur le pont supérieur avait l'inconvénient de charger les hauts déjà alourdis par la disposition des soutes à combustible au-dessus du pont cuirassé. Peut-être ces dispositions ne sont-elles pas étrangères à la perte de la *Reina Regente*.

Les perforations à la bouche des pièces de 240 *mm* et 120 *mm* étaient les suivantes :

		Pièces de 240 *mm*	Pièces de 120 *mm*
Perforation normale d'acier.	*mm.*	448	240
— à 40°		112	60

Équipage. — L'équipage comprenait 385 hommes.

La *Reina Regente* était un croiseur puissamment armé pour sa taille, et même pourrait-on dire trop puissamment, car le poids des hauts vers les extrémités devait empêcher le navire de se relever facilement lorsqu'il était engagé. Peut-être faut-il voir dans cette difficulté une des causes de sa perte.

Croiseur cuirassé « Infanta Maria Teresa » (1890)

(fig. 33, 34 et 35).

Le croiseur cuirassé *Infanta Maria Teresa* a été construit dans les chantiers du Nervion, près Bilbao.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	111,00 *m*
Largeur	19,86
Creux	11,60
Tirant d'eau moyen	6,55
— arrière	6,75
Déplacement	7 000 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	5,5
Rapport du déplacement au volume du parallélipipède .	0,48
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,087

Système de construction. — La coque est entièrement en acier son compartimentage est très divisé, de plus, un double fond existe sur la longueur correspondant aux machines et chaudières. Aux extrémités, le double fond est remplacé par des compartiments étanches en hauteur.

Les pièces de 280 *mm* sont disposées dans l'axe du navire et entre les deux tourelles s'étend une superstructure formant batterie pour les pièces de 141 *mm*. Aux deux extrémités de cette batterie, les deux pièces extrêmes sont installées en encorbellement pour augmenter leur champ de tir, tandis que les pièces

intermédiaires tirent par des sabords leur donnant un champ de tir de 60° tant sur l'avant que sur l'arrière.

Protection. — Une ceinture cuirassée de 0,300 *m* d'épaisseur et 1,80 *m* de hauteur s'étend sur les 8/10 de la longueur du navire. De plus, un pont blindé à 75 *mm* au milieu et à 50 *mm* aux extrémités vient compléter la protection; ses extrémités latérales descendent jusqu'au carré inférieur de la ceinture cuirassée. Les parties inclinées protégeant les machines ont 125 *mm* d'épaisseur, les tourelles sont cuirassées à 25 *cm* sur la hauteur de 1,80 *m* et sont recouvertes d'une calotte d'acier de 10 *cm* d'épaisseur.

Mâture. — La mâture ne comprend que deux mâts légers pour signaux. Ces mâts sont garnis de hunes militaires.

Appareil moteur. — L'appareil moteur se compose de deux machines à triple expansion commandant chacune une hélice. Le diamètre des cylindres est 1,300 *m*, 2 *m* et 2,800 *m*. La course des pistons est de 1,40 *m*. Les tiroirs des cylindres HP sont cylindriques, ceux des autres cylindres sont plans.

Les hélices sont à trois ailes, elles ont un diamètre de 5 *m* et une disposition permet d'en faire varier le pas de 5,80 *m* à 6,70 *m*, on a choisi 6,25 *m* après essais.

La vapeur est fournie par quatre chaudières cylindriques à double façade et deux chaudières simples. Les longueurs respectives de ces chaudières sont respectivement 5 *m* et 3,20 *m*. Elles ont quatre ou huit foyers intérieurs de 1 *m* de diamètre sur 1,950 *m* de longueur. La surface de grille est d'environ 76 m^2 et la surface de chauffe 2 300 m^2.

Il y a deux chambres de chauffe séparées par une cloison transversale. Celle d'avant contient deux chaudières simples et deux chaudières doubles, celle d'arrière ne contient que deux chaudières doubles.

La pression de régime des chaudières est de 9,5 *kg*, mais aux essais on a été jusqu'à 9,93 *kg*.

Les essais ont donné les résultats suivants :

Avec 25 *mm* de pression d'air dans les chambres de chauffe, la pression obtenue a été 9,93 *kg*, la force développée par les machines de 13 758 *ch* et la vitesse de 20,15 nœuds. Avec le tirage ordinaire et 9 500 *ch*, la vitesse a été de 18 nœuds.

La consommation a été très faible, au tirage naturel elle ne s'est élevée qu'à 0,670 *kg* par cheval-heure.

L'approvisionnement de combustible est de 1 200 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 3,2.

Armement. — L'armement comprend deux canons Hontoria de 28 *cm*, dix de 14 *cm* à tir rapide, deux de 7 *cm*, trois de 57 *mm* et huit canons-revolvers. Il existe huit tubes lance-torpilles, deux à l'avant, deux à l'arrière et deux de chaque bord.

Les pièces de 28 *cm* sont installées en tourelles barbettes à l'avant et à l'arrière du navire.

Les pièces de 14 *cm* sont installées en batterie, mais celles placées à l'avant et à l'arrière, de chaque bord peuvent tirer en chasse et en retraite, étant installées en encorbellement.

Les deux pièces de 7 *cm* sont installées en chasse sous le pont principal.

Enfin, les pièces Nerdenfeldt de 57 *mm* sont réparties sur la superstructure ainsi que les canons-revolvers.

La puissance offensive de chaque secteur est la suivante :

Secteur avant	16 620 *tm*
Secteur arrière.	15 900
Secteurs latéraux.	34 350

Les perforations des pièces de 28 *cm* et de 14 *cm* sont les suivantes :

	Pièces de 28 *cm*	Pièces de 14 *cm*
Perforation normale dans l'acier. *mm*.	592	300
— à 40°	148	75

Équipage. — L'équipage comprend 500 hommes.

Il existe dans la Marine espagnole trois navires de ce type : l'*Infanta Maria Teresa*, la *Princesa de Asturias* et le *Vizcaya*.

Croiseur cuirassé « Imperador Carlos V » (1895)

(fig. 36, 37, 38).

Ce croiseur n'est pas encore terminé. Il n'entrera en armement qu'à la fin de cette année. Il a été construit aux chantiers Vea Murgia, à Cadix.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	115,82 *m*
— totale	123,36 *m*

Largeur	20,42 *m*
Creux	12,12 *m*
Tirant d'eau moyen	7,48 *m*
— arrière	7,78 *m*
Déplacement	9 235 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	5,6
Rapport du déplacement au volume du parallélipipède	0,44
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,093

Système de construction. — La coque est en acier et comprend de nombreux compartiments étanches; les deux tourelles pour les pièces de 28 *cm* sont installées dans l'axe du navire à l'avant et à l'arrière. Entre les tourelles s'étend une superstructure renfermant une batterie de quatre pièces de 140 *mm* et surmontée de quatre encorbellements pour pièces de même calibre.

Protection. — Une ceinture cuirassée de 50 *mm* d'épaisseur s'étend sur une longueur de 51 *m* de chaque bord. Aux extrémités de cette ceinture règnent deux traverses de 1,80 *m* de hauteur cuirassées à 75 *mm* qui limitent le réduit et le protègent contre les coups d'enfilade.

Un pont cuirassé en dos de tortue complète la protection. Il a 50 *mm* d'épaisseur.

Les tourelles sont cuirassées à 25 *cm* d'épaisseur sur une hauteur de 1,80 *m*. Elles sont couvertes par des capots d'acier de 10 *cm* d'épaisseur. Les monte-charges sont blindés à 20 *cm*.

Mâture. — La mâture du *Carlos V* ne doit comprendre que deux mâts légers munis de hunes militaires.

Appareil moteur. — L'appareil moteur doit comprendre deux machines à triple expansion, verticales, commandant chacune une hélice.

Au tirage naturel, elles doivent développer 15 000 *ch* et imprimer au navire une vitesse de 19 nœuds.

Au tirage forcé, elles doivent développer 18 500 *ch* et donner une vitesse de 20 nœuds.

L'approvisionnement de combustible est de 1 200 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,7.

Armement. — L'armement comprendra :

2 canons Hontoria de 28 *cm* installés en tourelles barbettes à l'avant et à l'arrière;

8 canons Hontoria de 14 *cm* à tir rapide installés 4 en batterie des deux bords et 4 en encorbellement, des deux bords;

4 canons Hontoria de 10 *cm* à tir rapide installés 2 en chasse et 2 en retraite;

2 canons Hontoria de 7 *cm* installés sur l'avant de la superstructure;

4 canons Nordenfeldt de 37 *mm* à tir rapide sur la superstructure;

4 canons revolvers de 37 *mm* dans les hunes.

La puissance offensive des quatre secteurs est approximativement la suivante :

Secteur avant	21 600 *tm*
— arrière	20 680
Secteurs latéraux	31 630

La puissance de l'artillerie de ce croiseur sera donc très considérable. Les perforations des pièces de 140 *mm* et 280 *mm* sont les mêmes que celles des pièces correspondantes de l'*Infanta Maria Teresa*.

Équipage. — L'équipage doit comprendre 535 hommes.

MARINE AMÉRICAINE

Croiseur protégé « Minneapolis » (1893)

(fig. 39, 40, 41, 42).

Le croiseur *Minneapolis* a été mis en chantier suivant les prescriptions de l'acte du Congrès du 30 juin 1890. C'est un croiseur corsaire destiné à la destruction du commerce ennemi. Il ne diffère du *Columbia* que par la disposition des cheminées et quelques détails secondaires.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur à la flottaison	125,57 *m*
Largeur	17,68 *m*
Tirant d'eau moyen	6,87 *m*
Creux sur quille sous les baux du pont des gaillards	12,34 *m*
Creux sur quille sous le pont cuirassé	7,55 *m*
Déplacement en tonneaux	7 467 *t*

Surface immergée du maître-couple	101,835 m^2
Rapport de la longueur à la largeur	7,131
— du déplacement au volume du parallèlipipède	0,467
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,065

Système de construction. — La coque est en acier; elle a 12 cloisons transversales étanches dans les fonds, 23 dont 18 complètes dans la tranche cellulaire de la flottaison, 7 au-dessus de cette tranche et jusqu'aux gaillards. Les cloisons longitudinales sont au nombre de deux sur presque toute la longueur des chaudières et une seule pour le travers des machines. Dans la tranche cellulaire, il y en a trois de chaque bord.

La tranche cellulaire a une grande hauteur : 2,60 *m* dans l'axe, 4,13 en abord. Cette tranche descend à 1,68 *m* au-dessous de la flottaison, point où le pont cuirassé vient rencontrer le bordé extérieur.

La tranche cellulaire renferme 122 compartiments. Ceux en abord sont bourrés de cellulose.

Le *Minneapolis* n'a ni teugue ni dunette, mais une superstructure s'étendant entre les canons en chasse et en retraite.

L'avant du navire est à 7,15 *m* au-dessus de la flottaison, l'arrière à 5,35 *m*.

Protection. — Outre le cloisonnement très développé, comme il a été dit plus haut, la protection est assurée par un pont cuirassé formé de deux tôles d'acier de 31,8 *m*, soit 63,6 *mm* dans les parties horizontales, et de trois tôles, soit 91,4 *mm*, dans les parties inclinées qui surmontent les machines et les chaudières. Il n'y a ni surbaux cuirassés ni pont pare-éclats. Le blockhaus de commandement est seul blindé à 25 *cm* avec tôle pare-éclats à l'intérieur.

Mâture. — La mâture est composée de deux mâts à pible, comportant focs et brigantines, mais la voilure est très peu développée pour ne pas faire de résistance dans la marche à toute puissance.

Appareil moteur. — L'appareil moteur *(fig. 51, 52, 53, 54, 55, 56)* se compose de trois machines verticales à triple expansion, commandant chacune une hélice. Tous les tiroirs de ces machines sont à pistons, le cylindre HP a un distributeur, le cylindre MP en a deux et le cylindre BP quatre. Les distributeurs des cylindres MP et BP sont réunis deux à deux par des traverses robustes et com-

mandés par une seule coulisse pour chaque paire d'un même cylindre.

Les machines sont disposées *(fig. 50)* deux dans des chambres placées côte à côte dans la partie la plus large du navire, et une troisième dans une chambre placée à l'arrière des autres. Les deux machines placées côte à côte ne sont pas parallèles mais convergent sensiblement sur l'avant.

Ces machines sont verticales à triple expansion *(fig. 51 à 56)*, elles sont du type adopté par la marine américaine pour ses croiseurs, type qui se reproduit sur les différents navires avec quelques modifications de détails et d'échelle.

Les bâtis en acier coulé ont la forme d'un Y renversé. Ils supportent les cylindres avec des colonnes en acier forgé.

Les diamètres des cylindres sont respectivement : 1,067 *m*, 1,498 *m* et 2,337 *m*. La course des pistons est 1,067 *m* et la longueur de bielle 2,134 *m*. A 136 tours par minute, la vitesse moyenne de piston est d'environ 4,93 *m*.

Les condenseurs *(fig. 60 à 63)* sont en laiton laminé d'une épaisseur de 6 *mm*. Leurs couvercles et regards sont en bronze. Chaque condenseur contient 4 904 tubes en laiton sans soudure et étamés aux deux extrémités; leur longueur est de 3,60 *m* et leur diamètre de 15,6 *mm*. Une de leurs extrémités est disposée pour permettre leur dilatation.

Chaque condenseur à une surface refroidissante de 882,18 m^2.

L'eau nécessaire à la condensation est fournie à chaque condenseur par deux pompes de circulation donnant 30 668 *l* à l'heure. Ces pompes sont aussi disposées pour servir de pompes de cale, mais la communication avec la cale ne peut être ouverte en même temps que la communication avec la mer.

Chaque machine est munie de deux pompes à air verticales à simple effet de 0,550 *m* de diamètre et 0,500 *m* de course commandées par deux machines à vapeur ayant des cylindres de 0,155 *m* de diamètre et 0,300 *m* de course *(fig. 64 à 69)*.

Les hélices sont en bronze au manganèse, l'hélice centrale a quatre ailes, et a un diamètre de 10 0/0 supérieur à celui des hélices latérales qui n'ont que trois ailes. Ces dernières sont placées 4,57 *m* en avant de l'hélice centrale et sont aussi placées plus haut dans le sens horizontal, à 1,30 *m* au-dessus. L'arbre de l'hélice centrale est incliné vers le bas en regardant l'arrière tandis que ceux des hélices latérales relèvent légèrement.

La vapeur est fournie par huit grandes chaudières à double fa-

çade *(fig. 57* et *58)* et deux à simple façade *(fig. 59)*. Ces chaudières sont cylindriques à retour de flamme. Elles ont 4,98 *m* de diamètre, la pression de régime est 11,25 *kg* et l'épaisseur des tôles enveloppes 34 *mm*. L'épaisseur des plaques à tubes, fortement entretoisées, n'est que de 16 *mm*. Les tubes sont en acier.

Pour les chaudières principales ils ont 57 *mm* de diamètre extérieur et 2,8 *mm* d'épaisseur. Ils sont rangés en files distantes de 89 *mm* dans le sens vertical et 82 *mm* dans le sens horizontal.

Tous les foyers sont du système Fox, ils ont 14,3 *cm* d'épaisseur, 1,035 *mm* de diamètre à l'intérieur des nervures et 1,170 *mm* à l'extérieur.

La surface de grille des chaudières principales est de 124,86 m^2.

La surface de chauffe est de 4 020 m^2. Le rapport de la surface de chauffe à la surface de grille est donc de 31,72.

Le poids de l'eau contenue est 303,9 *t*.

Outre les huit chaudières principales, il y a dans l'entrepont deux chaudières auxiliaires à simple façade placées transversalement. Ce sont des chaudières cylindriques analogues aux chaudières principales, mais leurs tubes ont 63,5 *mm* de diamètre et sont espacés de 95 *mm* dans le sens vertical et de 88 *mm* dans le sens horizontal. Leur surface de grille est de 5,94 m^2 et leur surface de chauffe de 180 m^2. Elles contiennent 16,9 *t* d'eau.

Les poids des chaudières et accessoires se répartissent comme suit :

Chaudières	789 *t*.
Cheminées et calottes	92,2 *t*
Accessoires	12,5 *t*
Eau	320,8 *t*
TOTAL	1 214,7 *t*

Les cheminées sont au nombre de deux.

La vitesse réalisée a été de 23,04 nœuds avec 18 358 *ch*.

L'approvisionnement de combustible est de 762 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,00.

Armement. — L'armement comprend :

2 canons de 152 *mm* placés en chasse à l'avant;
1 — de 203 *mm* — retraite à l'arrière;
8 — de 102 *mm* — encorbellement sur les flancs;
12 — de 52 *mm* dont 8 dans la batterie, en encorbellement et 4 sur les passerelles;
4 — de 37 *mm* sur les passerelles.

La puissance offensive de chacun des secteurs peut s'évaluer de la manière suivante :

Secteur avant	12 700 *tm*
— arrière	13 470
Secteurs latéraux	15 350

Les perforations d'acier des différentes pièces sont les suivantes :

	Pièces de 203 *mm.*	Pièces de 152 *mm.*	Pièces de 102 *mm.*
Perforation normale .	409 *mm*	289 *mm*	182 *mm*
— à 40° . .	102	72	45

Équipage. — L'équipage est de 324 hommes.

Il faut remarquer que le *Columbia*, navire semblable au *Minneapolis*, n'a pu, malgré la belle vitesse relevée aux essais, donner une moyenne supérieure à 18,5 nœuds lors de la traversée de l'Atlantique, démontrant ainsi qu'il ne pouvait soutenir longtemps sa vitesse maximum. Cela tient aux faibles rapports de la course, au diamètre du cylindre HP, et de la bielle par rapport à la manivelle. De plus, les chaudières auraient, paraît-il, laissé à désirer au point de vue de la production, bien que celle-ci n'ait pas dépassé 4,55 *ch* par mètre carré de surface de chauffe lors des essais.

Croiseur cuirassé « Brooklyn » (1895) *(fig. 70, 71 et 72).*

Ce navire a été construit dans les chantiers Cramp, à Philadelphie. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur à la flottaison	122,07 *m*
Largeur	19,56 *m*
Creux sur quille à la ligne droite des baux du gaillard	13,57 *m*
Creux sur quille au-dessous du milieu du pont cuirassé	7,35 *m*
Tirant d'eau moyen	7,31 *m*
Surface immergée du maître-couple	127,76 m^2
Déplacement	9 375 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	6,196

Rapport du déplacement au volume du parallélipipède.	0,512
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,082

Système de construction. — La coque en acier est divisée en nombreux compartiments étanches. Dans les fonds, il existe douze cloisons étanches transversales, et sur la longueur des chaudières et des machines une double cloison longitudinale.

Au-dessus du pont blindé la tranche cellulaire comprend cent quarante compartiments étanches. Cette tranche comprend vingt-sept cloisons transversales et huit cloisons longitudinales formant de chaque bord un cofferdam, un corridor et une file de soutes.

Le cofferdam, bourré de cellulose, monte jusqu'au pont de la batterie.

La batterie basse au-dessus de la tranche cellulaire est elle-même partagée par dix cloisons transversales étanches pour localiser les voies d'eau possibles.

Le commandement des pièces de chasse est de 10 *m.*

Protection. — La protection est assurée par un pont en forme de dos de tortue de 127 *mm* d'épaisseur dans les parties enclavées et 76 *mm* seulement dans les parties horizontales.

Les passages des cheminées et les écoutilles des chambres de chauffe sont protégés.

Une ceinture verticale en acier harveyé règne sur 58,70 *m* de largeur et une hauteur de 2,16 *m.* Il n'y a pas de traverses blindées.

Les quatre tourelles mobiles sont blindées à 14 *cm* avec plafond de 38 *mm* et capot de visée de 76 *mm.* La partie fixe des tourelles est blindée à 203 *mm* sauf en un endroit où le cuirassement n'a que 101 *mm.*

Les tubes à munitions sont blindés à 76 *mm.*

Les encorbellements des pièces de 127 *mm* ont 102 *mm* d'épaisseur, ceux des pièces de 57 *mm* ont 51 *mm* d'épaisseur.

Les masques des pièces ont 30 *mm* d'épaisseur.

Le blockhaus est blindé à 203 *mm* à l'avant et 127 *mm* à l'arrière.

Le masque protégeant l'entrée a 76 *mm* d'épaisseur, ainsi que le tube de transmission d'ordres.

Mâture. — La mâture se compose de deux mâts militaires avec escalier intérieur et double hune de combat. Il existe, en outre, sur chaque mât, une plate-forme pour les projecteurs.

Chaque mât est muni d'une grue pour la manœuvre des embarcations, avec les deux grues installées de chaque bord entre les cheminées.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend deux machines verticales à triple expansion commandant chacune une hélice. Ces machines sont du même type que celles des autres croiseurs américains, c'est-à-dire verticales à triple expansion, et tout à fait analogues à celles du *Minneapolis*. Les dimensions seules ont légèrement changé.

Les diamètres des cylindres sont 0,813 *m*, 1,194 *m* et 1,829 *m*, la course est la même que celle des machines du *Minneapolis*, soit 1,067 *m*. La longueur de bielle est aussi la même 2,133 *m* (au lieu de 2,134 *m*). Les proportions des machines du *Brooklyn* sont donc meilleures que celles des machines du *Minneapolis*, et elles soutiendront probablement mieux les 16 000 *ch* qu'elles doivent développer pour donner une vitesse de 20 nœuds.

L'approvisionnement normal de combustible est de 914 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,05, mais il peut, paraît-il, être augmenté très sensiblement sans surcharge appréciable.

Armement. — L'armement comprend, outre 5 tubes lance-torpilles :

8 canons de 203 *mm* accouplés 2 par 2 dans 4 tourelles cuirassées placées, 2 dans l'axe du navire et 2 sur les flancs, de sorte que 6 de ces pièces peuvent tirer dans chacun des 4 secteurs;

12 pièces de 127 *mm* réparties dans des encorbellements placés sur les deux côtés du navire;

12 canons à tir rapide de 57 *mm*, répartis sur les superstructures, dans les hunes et à l'avant et l'arrière de la batterie;

4 canons-revolvers de 37 *mm* placés dans les hunes de combat.

La puissance offensive de chaque secteur peut s'évaluer de la manière suivante :

Secteur avant.	26 770 *tm*
— arrière	26 770
Secteurs latéraux	30 900

On peut remarquer que la puissance des secteurs avant et arrière est presque équivalente à la puissance des secteurs latéraux, ce résultat est dû à la disposition des pièces de 203 *mm*.

Les perforations des pièces de 203 *mm* et de 127 *mm* sont les suivantes :

	Pièces de 203 *mm*.	Pièces de 127 *mm*.
Perforation normale d'acier. .	409 *mm*	228 *mm*
— à 40°.	102	57

Équipage. — L'équipage est de 500 hommes.

Le *Brooklyn* sera un des croïseurs cuirassés les plus puissants qui soient à flot. Malheureusement, la ceinture cuirassée a peu d'étendue et laisse la plus grande partie des œuvres-mortes sans protection.

MARINE FRANÇAISE

Croiseur protégé « Sfax » (1884) *(fig. 73, 74 et 75).*

Ce croiseur étudié par M. Bertin qui en avait présenté le projet près de dix ans auparavant a été lancé en 1884.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	88,30 *m*
Largeur au fort.	15,00
Creux	7,92
Tirant d'eau avant	5,95
— milieu	6,80
— arrière	7,65
Surface immergée du maître-couple.	76,35 m^2
Déplacement	4 500 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	5,88
— du déplacement au volume du parallélipipède.	0,5
Coefficient de finesse des lignes d'eau.	0,085

Système de construction. — La coque, en acier, est construite dans le système cellulaire, surtout dans le voisinage de la flottaison au-dessus du pont cuirassé. Le nombre des compartiments étanches sans être aussi considérable que dans les constructions plus récentes est déjà assez élevé pour localiser les effets d'une avarie. Il y a sept cloisons longitudinales et seize cloisons transversales étanches. Les compartiments en abord sont garnis de cellulose. La carène est recouverte d'un soufflage en bois doublé lui-même en cuivre.

Protection — La protection est assurée par un pont cuirassé en forme de dos de tortue surmonté d'une tranche cellulaire dont les compartiments en abord sont remplis de matières encombrantes et les compartiments milieu servent de soutes supplémentaires à combustible. Il n'existe pas d'autre protection cuirassée que le pont qui a 40 *mm* d'épaisseur dans toute son étendue. Ses extrémités latérales descendent à environ 1 *m* au-dessous de la flottaison.

Mâture. — La mâture comportait primitivement une voilure complète de trois-mâts carré, elle a, depuis, été fortement réduite. Les huniers et les perroquets ont disparu et les bas mâts ne sont plus surmontés que de gaules à signaux et de vergues légères ayant le même but.

La voilure qui, primitivement, avait une surface de 1 772 m^2 a été, par suite, beaucoup diminuée et ne se compose que de deux focs et de trois brigantines. Il y a des hunes de combat.

Appareil moteur. — L'appareil moteur se compose de deux machines compound horizontales à deux cylindres placées en quinconce en raison de la surface horizontale qu'elles nécessitent. Les cylindres ont 1,08 *m* et 2 *m* de diamètre, la course des pistons est de 1,10 *m*. La vitesse de régime est 90 tours par minute. Chaque machine commande une hélice.

La vapeur est fournie par deux groupes de trois chaudières chacune, un des groupes est à moyenne pression, l'autre est à basse pression. Deux cheminées s'élèvent dans l'axe du navire, entre les mâts.

Aux essais, les machines ont développé :

Au tirage naturel 4 333 *ch*, en consommant 0,890 *kg* par cheval-heure et en imprimant au navire une vitesse de 15,90 nœuds.

Au tirage forcé 6 034 *ch* avec 78 tours d'hélice et en consommant 0,954 *kg* par cheval-heure. La vitesse a été de 16,84 nœuds. Le tirant d'eau était de 5,90 *m* à l'avant et 7,66 *m* à l'arrière.

L'approvisionnement normal de combustible est de 545 *t* ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 1,96. On peut, il est vrai, le porter à 800 *t*, ce qui porterait ce dernier coefficient à 2,93, mais le navire aurait alors une surcharge de 260 *t*.

Armement. — Outre cinq tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

10 canons de 16 *cm* dont deux tirent en chasse et presque perpendiculairement à l'axe du navire, grâce à des pans coupés obliques. Les quatre autres, en encorbellement battent un secteur de près de 180°;

10 canons de 14 *cm* placés en batterie, cinq de chaque bord, ayant un champ de tir d'environ 60° tant sur l'avant que sur l'arrière;

10 canons-revolvers de 37 *mm* répartis dans les hunes et sur les superstructures.

La puissance offensive de chaque secteur est approximativement la suivante :

Secteur d'avant	11 800 *tm*
— d'arrière.	7 170
Secteurs latéraux	26 560

Les perforations dans l'acier des pièces de 16 *cm* et 14 *cm* sont les suivantes :

	Pièces de 164,7 *mm.*	Pièces de 138,6 *mm.*
Perforation normale.	250 *mm*	200 *mm*
— à 40°	60	50

Équipage. — L'équipage comprend 473 hommes.

Répartition des poids. — Les poids se répartissent de la manière suivante :

Coque et accessoires	2 100 *t*	soit 47,6	0/0 du total
Artillerie et munitions . . .	250	— 5,5	—
Équipage, vivres	225	— 5	—
Mâture, embarcations	260	— 5,9	—
Machines, chaudières, eau . .	975	— 22	—
Charbon.	545	— 12	—
Cofferdam	125	— 2,3	—
TOTAL.	4 400 *t*		

Prix. — Le *Sfax* a coûté 4 825 000 *f* se décomposant comme suit :

Coque et accessoires	2 075 000 *f*
Machines et chaudières	1 750 000
Armement et divers	1 000 000

Croiseur protégé « Cecille » (1888).

Ce croiseur a été construit à la Seyne dans les Chantiers et Forges de la Méditerranée sur les plans de M. Lagane; il a des dispositions analogues à celles du *Tage*.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	115,50 *m*
Largeur	15,00
Creux	10,65
Tirant d'eau moyen	6,03
Différence	1,50
Déplacement	5 766 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	7,7
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,55
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,072

Système de construction. — La coque est en acier et comprend de nombreux compartiments étanches. La flottaison est cellulaire. Les compartiments en abord contenant du cofferdam descendent à 1,40 *m* au-dessous de la flottaison et montent jusqu'à 1,20 *m* au-dessus.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé en forme de dos de tortue, épais de 50 *mm* dans sa partie horizontale et de 100 *mm* dans les parties inclinées.

Ce pont est surmonté d'une tranche cellulaire remplie de cellulose en abord, et de combustible dans le milieu. Deux traverses cuirassées à 100 *mm* limitent la batterie. Enfin, un cuirassement de 50 *mm* règne à hauteur de la flottaison sur une longueur de 8 *m* à partir de l'avant qui est à étrave renversée.

Mâture. — La mâture primitive était celle d'un trois-mâts carré complet. Elle a, depuis, été modifiée en trois-mâts goélette. Le mât de misaine seul porte un phare carré. Les hunes des trois-mâts sont garnies de canons-revolvers.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend quatre machines compound à pilon attelées deux à deux sur deux hélices. Des débrayages permettent de ne faire marcher qu'une machine pour chacune des hélices.

Lors des essais, ces machines ont développé 10 480 *ch* avec

101 tours et une pression de 6,3 *kg* en imprimant au navire une vitesse de 19,173 nœuds. La consommation a été de 140 *kg* par mètre carré de grille et par heure. La puissance maxima développée a été de 10 680 *ch* correspondant à une vitesse de 19,436 nœuds.

La vapeur est fournie par six chaudières à double face timbrées à 6,500 *kg*. Trois cheminées s'élèvent dans l'axe du navire entre le mât de misaine et le grand mât.

L'approvisionnement de combustible est de 700 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,1. Cet approvisionnement peut, en cas de besoin, être augmenté d'environ 200 *t*, ce qui porte ce dernier coefficient à 2,7.

Armement. — Outre 4 tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

8 canons de 16 *cm* placés un sous la tengue, un sur la dunette et six sur les deux bords, en encorbellement ;

10 canons de 14 *cm* en batterie ;

14 canons Hotchkiss de 37 *mm* installés dix sur les passerelles et quatre sur la grande hune et la hune d'artimon ;

4 canons Hotchkiss de 47 *mm* placés deux dans la hune de misaine et deux aux extrémités de la passerelle d'avant.

La puissance offensive des différents secteurs peut s'évaluer comme suit :

Secteur avant	9 650 *tm*
— arrière	9 120
Secteurs latéraux	28 580

Les perforations sont les mêmes que celles indiquées pour l'artillerie du *Sfax*, bien que les pièces soient du modèle 1884, la vitesse initiale et le poids du projectile de rupture étant restés les mêmes.

Équipage. — L'équipage est de 486 hommes.

Répartition des poids. — Cette répartition est la suivante :

Coque et accessoires	1 050 *t*	soit 18,2	0/0 du total
Cuirasse et pont cuirassé . . .	750	— 13	—
Cellulose.	40	— 0,6	—
Embarcations, mâture.	252	— 4,4	—
Équipage, vivres	187	— 3,3	—
A reporter. . .	2 279 *t*		

Report	2 279 *t*		
Machines, chaudières, eau . . .	1 225 *t*	soit 21,4	0/0 du total
Appareils auxiliaires	65	— 1,2	—
Combustible	700	— 12,1	—
Artillerie, munitions, torpilles .	327	— 5,6	—
Disponible	207	— 3,5	—
Divers et approvisionnements .	963	— 16,7	—
TOTAL	5 766 *t*		

Croiseur protégé « Tage » (1886) *(fig. 76, 77, 78).*

Ce croiseur a été construit par les Forges et Chantiers de la Loire. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	118,80 *m*
Largeur extrême	16,38 *m*
Creux sur quille	10,95 *m*
Tirant d'eau moyen	6,95 *m*
Différence de tirant d'eau	1,10 *m*
Déplacement	7 045 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	7,2
Rapport du déplacement au volume du parallélipipède	0,52
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,072

Système de construction. — La coque est en acier, mais l'étrave, l'étambot, les extrémités formant quille sont en fer ainsi que les plaques de blindage du pont cuirassé. De nombreuses cloisons étanches divisent le bâtiment en un grand nombre de compartiments indépendants. La flottaison est cellulaire.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé en dos de tortue de 50 *mm* d'épaisseur, par la flottaison cellulaire garnie de matières encombrantes, par deux traverses cuirassées limitant la batterie. Les panneaux sont protégés par des surbaux cuirassés.

Mâture. — La mâture qui, primitivement, était celle d'un trois mâts carré, a été modifiée et est aujourd'hui celle d'un trois-mâts goélette. Le mât de misaine seul porte un phare carré.

Appareil moteur. — L'appareil moteur se compose de deux machines compound horizontales commandant chacune une hélice.

Ces machines développent 12 410 *ch* au tirage forcé, et impriment au bâtiment une vitesse de 19,1 nœuds.

Il y a 3 groupes indépendants de chaudières, comprenant chacun 4 chaudières cylindres. Chaque groupe a une cheminée distincte; les trois cheminées s'élèvent entre le mât de misaine et le grand mât.

Outre l'appareil principal, le *Tage* comporte :

2 machines compound à pilon actionnant chacune 2 pompes à air et 2 pompes alimentaires;

2 machines à pilon commandant les pompes à air auxiliaires;

1 vireur à vapeur;

4 ventilateurs commandés chacun par une machine indépendante;

2 pompes à vapeur, système Thirion, capables d'évacuer 1 000 *t* d'eau à l'heure.

1 pompe du même système de 90 *t* à l'heure, pour le service du waterballast.

L'approvisionnement du combustible est de 1 000 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,7.

Armement. — L'armement est disposé d'une manière analogue à celui du *Cecille*; il comprend :

8 canons de 16 *cm*, 10 de 14 *cm* à tir rapide, 2 canons à tir rapide de 65 *mm* et 14 canons-revolvers. Il y a 7 tubes lance-torpilles.

Les canons de 16 *cm* sont 6 en encorbellement sur les flancs et battent un secteur de près de 180°, deux à l'avant tirant en chasse par des pans coupés qui leur permettent également de tirer presque perpendiculairement à l'axe.

Les canons de 65 *mm* sont installés dans l'axe du navire, l'un sur la teugue, l'autre sur la dunette et tirent en chasse et en retraite. Les canons-revolvers sont répartis dans les hunes et les superstructures.

La puissance offensive des différents secteurs est approximativement la suivante :

Secteur avant	13 800 *tm*
— arrière	8 100
Secteurs latéraux	29 780

Les pénétrations dans l'acier sont les suivantes pour les pièces de 16 *cm*, 14 *cm* et 65 *mm* :

	Pièces de 16 *cm.*	Pièces de 14 *cm.*	Pièces de 65 *mm.*
Perforation normale .	192 *mm*	160 *mm*	144 *mm*
— à 40°. . .	48	40	36

Équipage. — L'équipage est de 400 hommes.

Croiseur cuirassé « Charner » (1893) *(fig. 79, 80, 81).*

Le croiseur cuirassé *Charner* a été construit à Rochefort sur les plans de M. Thibaudier. Un autre navire semblable, le *Bruix* a été construit aussi à Rochefort, et deux autres, le *Chanzy* et le *Latouche-Tréville*, ont été construits l'un par la Société de la Gironde et l'autre par les Forges et Chantiers au Havre.

Les dimensions de ces quatre navires sont les suivantes :

Longueur de l'axe du gouvernail à la pointe de l'éperon	106 *m*
Largeur au fût à la flottaison.	14 *m*
Profondeur de carène au milieu	5,72 *m*
Tirant d'eau moyen.	5,84 *m*
Différence de tirant d'eau	0,40 *m*
Déplacement.	4 745 *t*
Surface de la flottaison en charge.	1 095 m^2
— de la surface immergée du maître couple.	67 m^2
Rapport de la longueur à la largeur.	7,57
— du déplacement au volume du parallélipipède.	0,56
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,073

Système de construction. — La coque est en acier, la quille a la forme d'une poutre creuse formée de deux plans de tôle distants de 0,100 *m* réunis par des cornières et par un remplissage en teck.

Les liaisons longitudinales comportent une carlingue centrale supportant les plaques de fondation des machines et chaudières, et quatre carlingues latérales. Les plus éloignées de l'axe n'existent que sur la longueur des machines et des chaudières, et limitent latéralement le waterballast formé par le double fond.

Au-dessous du pont cuirassé, la carène est divisée en quatorze

compartiments étanches; au-dessus de ce pont il n'y en a plus que six formés par des cloisons transversales.

Il n'entre presque pas de bois dans les aménagements intérieurs pour diminuer les chances d'incendie, mais les cloisons métalliques sont recouvertes de panneaux amovibles de linoléum pour diminuer leur conductibilité.

Protection. — La protection est assurée par une ceinture cuirassée de 92 *mm* d'épaisseur régnant sur toute la longueur du navire et montant jusqu'au pont supérieur, ainsi que par un pont cuirassé d'une épaisseur de 60 *mm* dans les parties horizontales et 80 *mm* dans les parties inclinées. Ce pont règne sur toute la longueur du navire et descend sur les côtés à 1,20 *m* au-dessous de la flottaison. Les parties inclinées de ce pont sont recouvertes de passavants facilitant la circulation. Un pont pare-éclats règne sous le pont cuirassé dans la région des machines et chaudières.

Enfin une tranche cellulaire de 1,10 *m* de largeur fait le tour de la flottaison sur une hauteur de 2,40 *m* (1,20 *m* au-dessus, 1,20 *m* au-dessous de la flottaison).

Des surbaux cuirassés entourent les panneaux du pont blindé ainsi que les passages à travers ce pont, des cheminées et des pivots de tourelles qui servent de passages à munitions. Ces pivots sont d'ailleurs blindés à 110 *mm*; les tourelles le sont à 92 *mm*.

Mâture. — La mâture comprend deux mâts militaires en acier durci de 1,70 *m* de diamètre extérieur avec noyau de 0,500 *m*. Un double escalier pour la montée et la descente existe entre les deux cylindres.

Chaque mât porte trois plates-formes, la plus basse garnie de canons-revolvers, et les plus hautes réservées à la mousqueterie et aux projecteurs.

Sur le mât de misaine, la plate-forme la plus basse sert de poste d'observation et est reliée au blockhaus de commandement par des tuyaux acoustiques et des transmetteurs d'ordres.

Appareil moteur. — Cet appareil se compose de deux machines horizontales à triple expansion placées chacune dans un compartiment séparé. Les diamètres des cylindres sont respectivement : 0,780 *m*, 1,150 *m*, 1,750 *m*. La course des pistons est de 1 *m*.

Chacune de ces machines commande une hélice en bronze de 4,35 *m* de diamètre et 5,05 *m* de pas.

La vapeur est fournie par seize chaudières Belleville réparties dans quatre chambres de chauffe. La pression est de 17 *kg* aux

chaudières et de 12 *kg* seulement aux cylindres HP des machines par suite de l'interposition d'un détenteur.

La surface de chauffe est de 1 850 m^2.

Le tirage est obtenu à l'aide de souffleurs énergiques placés à la base des cheminées. De plus, des compresseurs d'air disposés dans chaque chaufferie chassent les gaz chauds dans les foyers.

Il y a deux cheminées s'élevant dans l'axe du navire entre les mâts militaires.

La force développée par les machines au tirage naturel est de 7 400 *ch*, correspondant à une vitesse de 17 nœuds; au tirage forcé, elle est de 8 400 *ch* et la vitesse de 19 nœuds.

L'approvisionnement du combustible est de 413 *t* et correspond à un coefficient de distance franchissable de 1,45.

Armement. — Outre les 4 tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

2 canons de 194 *mm* en tourelles fermées placées à l'avant et à l'arrière dans l'axe du navire;

6 canons de 139 *mm* également en tourelles fermées réparties 3 de chaque bord;

4 canons à tir rapide de 65 *mm* placés 2 sous la passerelle et 2 sur le pont des gaillards par le travers de la cheminée d'arrière;

4 canons à tir rapide de 47 *mm* placés dans les hunes militaires;

6 canons-revolvers Hotchkiss répartis sur le pont des gaillards et le balcon d'arrière.

La puissance offensive des différents secteurs peut s'évaluer approximativement de la manière suivante :

Secteur avant	13 940 *tm*
— arrière	11 750
Secteurs latéraux.	21 410

Les pièces de 194, 139 et 65 *mm* ont, en raison de la grande vitesse initiale de leur projectile, les perforations considérables suivantes :

	Pièces de 194 *mm*.	Pièces de 139 *mm*.	Pièces de 65 *mm*.
Perforation d'acier, normale	368 *mm*	264 *mm*	80 *mm*
— à 40°. .	92 *mm*	66 *mm*	20 *mm*

Répartition des poids. — Les poids se répartissent de la manière suivante :

Coque, cuirasse et accessoires.	2 858 *t*, soit 60	0/0 du total
Appareil moteur, chaudières et eau	713 *t*, soit 15,2	—
Artillerie	278 *t*, soit 5,9	—
Matériel d'armement	896 *t*, soit 18,9	—

Équipage. — L'équipage se compose de 375 hommes.

Croiseur cuirassé « Dupuy-de-Lôme » (1890)

(fig. 82, 83, 84).

Ce croiseur a été étudié par M. de Bussy; c'est le premier navire dont les œuvres-mortes soient complètement cuirassées.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur totale	114,60 *m*
Largeur	15,70 *m*
Creux	10 *m*
Tirant d'eau moyen	7,07 *m*
— arrière	7,87 *m*
Surface immergée du maître-couple	90,54,26 m^2
Déplacement	6 296 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	7,2
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,49
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,067

Système de construction. — La coque est en acier, elle est divisée en nombreux compartiments étanches, à l'aide de treize cloisons transversales. Un double fond règne sur la longueur des machines et chaudières. La flottaison est cellulaire.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé de 55 *mm* d'épaisseur en forme de dos de tortue et par le cuirassement des œuvres-mortes jusqu'au pont des gaillards, à l'aide de plaques de 92 *mm*. Les tourelles sont cuirassées à 100 *mm*. Un pont pare-éclats règne en dessous du pont cuirassé et au-dessus s'étend une tranche cellulaire s'élevant à 1 *m* au-dessus de la flottaison. Les compartiments de la flottaison placés en abord sont remplis de matières encombrantes.

Mâture. — La mâture comprend deux mâts militaires avec hune triple de combat. La plate-forme la plus basse est réservée à l'artillerie, celle au-dessus à la mousqueterie, et enfin la plate-forme supérieure aux projecteurs électriques.

Appareil moteur. — L'appareil moteur se compose de trois machines horizontales à triple expansion commandant chacune une hélice. La puissance développée est de 14 000 *ch.*

La vapeur est fournie par treize corps de chaudières cylindriques à retour de flamme, dont la plupart sont munies de deux foyers intérieurs Fox de 1,20 *m* de diamètre.

Les deux cheminées s'elèvent dans l'axe du navire entre les mâts militaires.

L'approvisionnement de combustible est de 900 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 2,64.

Armement. — L'armement comprend, outre 4 tubes lance-torpilles, l'artillerie suivante :

2 pièces de 194 *mm* modèle 1887; 6 pièces de 164 *mm* à tir rapide; 4 pièces de 65 *mm* à tir rapide; 8 canons-revolvers de 47 *mm*, et 8 de 37 *mm*.

Les deux pièces de 194 *mm* sont installées dans des tourelles fermées placées sur les deux bords et légèrement en encorbellement, à peu près au milieu de la longueur du navire.

Les 6 pièces de 164 *mm* sont placées également en tourelles fermées, 3 à l'avant et 3 à l'arrière du navire. Les tourelles placées dans l'axe du navire sont en avant ou en arrière de celles placées sur les flancs. La pièce d'avant est plus haute que la pièce d'arrière.

Les pièces de 65 *mm* sont disposées 2 sur l'avant de la superstructure en arrière des tourelles des pièces de 164 *mm* et 2 aux extrémités de la passerelle qui surmonte les tourelles des pièces de 194 *mm*.

Les canons-revolvers de 47 *mm* sont installés par quatre dans la plus basse des hunes militaires de chaque mât, la hune supérieure étant réservée à la mousqueterie.

Enfin les 8 canons-revolvers de 37 *mm* sont installés, 2 sur l'arrière de la superstructure entre les tourelles latérales des pièces de 164 *mm*, 2 sur l'avant, dans les mêmes conditions, et 2 de chaque bord.

La puissance offensive de chaque secteur peut s'évaluer approximativement de la manière suivante :

Secteur avant	20 354 *tm*
— arrière	20 354
Secteurs latéraux	21 581

En raison de leur grande vitesse initiale (800 *m*) les projectiles de 194, 164 et 65 *mm* ont des pénétrations considérables :

	Pièces de 368 *mm*.	Pièces de 164 *mm*.	Pièces de 65 *mm*.
Perforation normale d'acier	368 *mm*	254 *mm*	80 *mm*
— à 40°	92 *mm*	63 *mm*	20 *mm*

Équipage. — L'équipage est de 515 hommes.

Croiseur protégé « Alger » (1889) *(fig. 85, 86, 87).*

Ce croiseur a été construit à Cherbourg sur les plans de M. Maréchal. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	105,60 *m*
Largeur	13,80 *m*
Creux	8,96 *m*
Tirant d'eau moyen	5,50 *m*
Différence de tirant d'eau	1,40 *m*
Surface immergée du maître-couple	61,66 m^2
Déplacement	4 122 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	7,6
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,51
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,066

Système de construction. — La coque est en acier et comporte de nombreux compartiments étanches, tant au-dessus qu'au-dessous du pont cuirassé. Il existe un double fond partiel sur la longueur des machines et chaudières.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé en forme de dos de tortue de 90 *mm* d'épaisseur et une flottaison cellulaire.

Mâture. — Elle se compose de deux mâts militaires munis de hunes doubles de combat. La plus basse plate-forme est armée de canons-revolvers et la plus haute est réservée à la mousqueterie.

Enfin des plates-formes placées tout à fait à l'extrémité supérieure des mâts sont réservées aux projecteurs.

Primitivement, la mâture prévue était celle d'un trois-mâts carré.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend deux machines verticales à triple expansion commandant chacune une hélice. Les machines sont placées dans deux compartiments séparés. Elles développent 5 089 *ch* au tirage naturel avec 101 tours d'hélices, et donnent au navire une vitesse de 17,03 nœuds. Au tirage forcé, elles développent 8 000 *ch* et donnent une vitesse de 19,5 nœuds. Les diamètres des cylindres sont : 0,830 *m* ; 1,36 *m* ; 2,06 *m*. La course est de 0,850 *m*. La pression maxima de marche 12 *kg*. La consommation par cheval-heure a été de 0,694 *kg* dans le premier cas et 0,721 *kg* dans le second.

La vapeur est fournie par 24 chaudières Belleville timbrées à 17 *kg* et réparties dans 8 chambres de chauffe. Il y a une cheminée pour 4 groupes de chaudières.

Les essais ont donné les résultats suivants :

A	75,9	tours, puissance	2 035 *ch*,	consommation	0,694 *kg*,	vitesse	12,70 nœuds
—	101	—	5 232 *ch*,	—	0,727 *kg*,	—	17,03 —
—	115,4	—	7 947 *ch*,	—	0,753 *kg*,	—	19,21 —
—	116,3	—	8 254 *ch*,	—	0,776 *kg*,	—	19,61 —

L'approvisionnement de combustible est de 860 *t*, correspondant à un coefficient de distance franchissable de 3,34.

Armement. — Outre 5 tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

4 canons de 164 *mm* placés dans des tourelles en encorbellement vers le milieu de la longueur du navire ;

6 canons de 139 *mm* également placés, 4 dans des tourelles en encorbellement vers les extrémités du navire, 1 sur la teugue et 1 sur la dunette ;

20 canons-revolvers de 47 et 37 *mm* répartis sur les superstructures et dans les hunes.

La puissance offensive des quatre secteurs peut s'évaluer comme suit :

Secteur avant	23 880 *tm*
— arrière	23 880
Secteurs latéraux	19 120

Toutes les pièces sont du modèle 1887 et ont des perforations considérables grâce à la grande vitesse initiale de leurs projectiles; ces perforations sont les mêmes que celles des pièces du *Dupuy-de-Lôme*.

Équipage. — L'équipage se compose de 325 hommes.

MARINE ITALIENNE

Croiseur protégé « Piemonte » (1891) *(fig. 88, 89 et 90)*.

Ce croiseur a été construit par la maison Armstrong, d'Elswick. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	91,44 *m*
Largeur	11,58
Tirant d'eau moyen	4,57
Déplacement	2 500 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	7,81
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,51
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,065

Système de construction. — La coque est en acier, avec de nombreux compartiments étanches. La flottaison est cellulaire et sert de soute à combustible. De nombreuses cloisons, tant longitudinales que transversales, la divisent en un grand nombre de compartiments de petites dimensions.

Protection. — La protection est assurée par un pont cuirassé en forme de dos de tortue; les parties horizontales ont 25 *mm* d'épaisseur, les parties inclinées 75 *mm*. Les panneaux et ouvertures du pont cuirassé sont protégés, les unes par des surbaux blindés, les autres par des cofferdam s'élevant à 1,20 *m* au-dessus de la flottaison. Les pièces d'artillerie moyenne sont protégées par des masques d'acier très épais.

Mâture. — La mâture se compose de deux mâts légers militaires munis chacun de deux hunes de combat armées de canons-revolvers.

Appareil moteur. — L'appareil moteur construit par Humphry et Tennant se compose de deux machines verticales à triple expansion et à quatre cylindres. Les diamètres de ces derniers sont

0,914 *m*, 1,397 *m* et 1,524 *m*. La course est de 0,686 *m*. Chaque machine commande une hélice.

La vapeur est fournie par quatre corps de chaudières à double façade timbrées à 10,91 *kg*. Huit ventilateurs sont installés pour le tirage forcé. Au tirage naturel, les machines développent 7 760 *ch* et donnent au navire une vitesse de 20,17 nœuds. Au tirage forcé, elles développent 11 600 *ch* et donnent une vitesse de 21,5 nœuds.

L'approvisionnement de combustible est de 200 *t*, et ne peut être dépassé sans surcharger le navire, il correspond à un coefficient de distance franchissable de 1,08, chiffre très faible.

Armement. — Outre trois tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

6 canons de 150 *mm* à tir rapide placés 1 en chasse, 1 en retraite dans l'axe du navire et 4 en tourelles en encorbellement sur les flancs ;

6 canons de 12 *cm* à tir rapide installés 3 de chaque bord ;

10 canons à tir rapide de 57 *mm* installés 8 sur les hunes et 2 sur la passerelle ;

6 canons de 37 *mm* installés sur les flancs du navire.

La puissance offensive peut s'évaluer comme suit par les différents secteurs :

Secteur avant.	8 830 *tm*
— arrière	8 000
Secteurs latéraux	11 900

La puissance est donc considérable pour la taille du navire.

Les perforations des pièces de 150 *mm* et 120 *mm* sont les suivantes :

	Pièces de 150 *mm*.	Pièces de 120 *mm*.
Perforation normale d'acier. .	312 *mm*	216 *mm*
— à 40°	78	54

Équipage. — L'équipage est de 246 hommes.

Croiseur cuirassé « Garibaldi » (1890) *(fig. 91, 92 et 93)*.

Ce croiseur, construit dans les chantiers Ansaldo, à Sestri Ponente, vient d'être vendu à la République Argentine. Il devait être remplacé par un autre semblable construit dans les mêmes chantiers, mais la mise en chantier a été différée.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	100 *m*
Largeur	18,20 *m*
Tirant d'eau moyen	7 *m*
Déplacement	6 840 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	5,5
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,53
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,097

Les divers rapports indiquent un navire médiocrement fin, ce qui s'explique par la puissance de son armement.

Système de construction. — La coque est en acier, divisée en nombreux compartiments étanches. Un double fond règne sur la longueur des machines et des chaudières. Les compartiments étanches aux abords de la flottaison sont remplis de matières obturantes.

Protection. — Une ceinture en nickel acier de 150 *mm* d'épaisseur faisant le tour du bâtiment, assure la protection de la flottaison. Au-dessus règne un réduit de 45 *m* de longueur, cuirassé à 150 *mm* tant sur les côtés que sur les faces avant et arrière. Le plafond du réduit est cuirassé à 50 *mm*.

Un pont cuirassé, en forme de dos de tortue, ayant 22 *mm* d'épaisseur dans les parties horizontales et 37 *mm* dans les parties inclinées, complète la protection.

Les tourelles barbettes renfermant la grosse artillerie sont blindées à 150 *mm* ainsi que le blockhaus de commandement.

Tout le cuirassement est en nickel acier.

Mâture. — Il n'y a qu'un seul mât militaire avec double hune de combat, placé entre les deux cheminées.

Appareil moteur. — L'appareil moteur comprend deux machines à triple expansion commandant chacune une hélice à quatre ailes. Ces machines sont placées dans deux compartiments séparés. Au tirage forcé, elles doivent développer 13 000 *ch* et donner au navire une vitesse de 20 œuds.

La vapeur est fournie par huit chaudières timbrées à 11 *kg* et disposées en quatre compartiments. Chacune d'elles a quatre foyers intérieurs.

L'approvisionnement de combustible est de 1 000 *t*, ce qui correspond à un coefficientde distance franchissable de 2,77.

Armement. — Outre 5 tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

2 canons de 254 *mm* en tourelles barbettes dans l'axe du navires, 1 en chasse, l'autre en retraite ;

10 canons de 152 *mm* dans le réduit cuirassé, 5 de chaque bord ;

6 canons de 120 *mm* sur le pont supérieur ;

10 canons de 57 *mm* répartis sur les superstructures.

La puissance offensive des différents secteurs peut s'évaluer de la manière suivante :

Secteur avant	9 220 *tm*
— arrière	9 920
Secteurs latéraux	31 440

Équipage. — L'équipage comprend 451 hommes.

MARINE RUSSE

Croiseur protégé « Amiral-Korniloff » (1887)

(fig. 94, 95 et 96).

Ce croiseur a été construit, en 1887, par les Forges et Chantiers de la Loire, à Saint-Nazaire. Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	107 *m*
Largeur	14,83 *m*
Tirant d'eau moyen	6,70
Déplacement	5 030 *tx*
Rapport de la longueur à la largeur	7,2
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,47
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,065

Système de construction. — La coque est en acier. Elle est recouverte d'un soufflage en bois et d'un doublage en cuivre. Elle est divisée en nombreux compartiments étanches. Ceux d'avant et d'arrière sont remplis de cellulose.

Protection. — La protection est assurée par un pont en dos de tortue placé à hauteur de la flottaison. Ce pont à 8 *cm* d'épaisseur comme bordé et est recouvert de 37 *mm* d'acier sur les parties longitudinales et de 60 *mm* sur les parties inclinées.

Outre le pont cuirassé, une ceinture de soutes à charbon placées dans la tranche cellulaire vient encore protéger les organes vitaux. La barre du gouvernail est, de plus, protégée par des plaques de 37 *mm* d'épaisseur. Le blockhaus de commandement est blindé à 68 *mm*.

Mâture. — La mâture est celle d'un trois-mâts carré. Les hunes des trois-mâts sont garnies de canons-revolvers.

Appareil moteur. — Cet appareil comprend deux machines horizontales à triple expansion commandant chacune une hélice. Ces machines développent au tirage forcé 8 260 *ch* et impriment au navire une vitesse de 18 nœuds.

La vapeur est fournie par huit chaudières placées dans deux chambres de chauffe séparées. Il y a deux cheminées placées entre le mât de misaine et le grand mât. L'approvisionnement de combustible est de 1 100 *t*, ce qui correspond à un coefficient de distance franchissable de 3,7.

Armement. — L'armement comprend outre 6 tubes lance-torpilles :

2 canons de 203 *mm* placés sur les gaillards, l'un en chasse, l'autre en retraite;

14 canons de 152 *mm* placés, 2 sur la dunette dans des encorbellements, et tirant en retraite, 2 sur la teugue, également en encorbellement et tirant en chasse, 5 de chaque bord formant batterie;

Toutes ces pièces sont protégées par des masques d'acier, d'ailleurs minces (*4 mm*);

6 pièces de 47 *mm* placées sur les superstructures;

8 pièces de 37 *mm* placées dans les hunes.

La puissance offensive de chaque secteur peut s'évaluer de la manière suivante :

Secteur avant.	9 430 *tm*
— arrière	9 430
Secteurs latéraux	20 893

La perforation à la bouche des pièces de 203 *mm* est de 184 *mm* d'acier en tir normal, et de 46 *mm* en tir oblique à 40°.

Équipage. — L'équipage comprend 425 hommes.

Croiseur cuirassé « Rurik » (1892) *(fig. 97, 98 et 99).*

Le *Rurik* est le plus grand croiseur du monde après le *Terrible*.

Ses dimensions sont les suivantes :

Longueur	130,00 *m*
Largeur	20,10
Tirant d'eau moyen	7,80
Déplacement	11 270 *t*
Rapport de la longueur à la largeur	6,61
— du déplacement au volume du parallélipipède	0,54
Coefficient de finesse des lignes d'eau	0,081

Système de construction. — La coque en acier est recouverte d'un soufflage en bois et d'un doublage en cuivre. Elle est munie de deux quilles latérales contre le roulis. Le compartimentage est très divisé, la flottaison est cellulaire.

Il y a trois ponts au-dessus du pont cuirassé, le pont principal, le pont de la batterie et celui des gaillards.

Ce dernier est très vaste et ne comporte pas de dunette, à l'arrière se trouve un projecteur électrique, il est armé à l'avant et à l'arrière de pièces de 47 *cm* à tir rapide.

Le pont de la batterie renferme, outre l'artillerie, les appartements de l'amiral; à l'arrière et à l'avant, le poste de couchage de l'équipage et les cuisines.

Le pont principal reçoit à l'arrière, le logement des officiers et avant les appareils distillatoires, les bains pour l'équipage, l'infirmerie et la pharmacie.

Sous le pont cuirassé sont renfermés, outre les machines et les chaudières, tous les appareils accessoires. Pour diminuer la chaleur de cette partie du navire il existe une machine frigorifique.

Protection. — La protection est obtenue à l'aide d'une ceinture cuirassée compound de 25 *cm* d'épaisseur sur 2,13 *m* de hauteur s'étendant sur les 4/5 de la longueur du navire. Aux extrémités de la ceinture existent des cloisons transversales, celle d'avant est cuirassée à 225 *mm*, celle d'arrière à 200 *mm*, elles s'élèvent à la même hauteur que la ceinture.

Un pont cuirassé à 50 *mm* dans ses parties horizontales et à 70 *mm* dans les parties inclinées protège tous les organes vitaux du bâtiment. Les parties placées au-dessus des machines sont à charnières et ne s'abaissent qu'au moment du combat.

Mâture. — La mâture est celle d'un trois-mâts carré complet, les mâts ne sont pas munis de hunes militaires.

Appareil moteur. — Cet appareil comprend quatre machines verticales à triple expansion commandant deux à deux une hélice. Elles sont disposées dans des compartiments séparés longitudinaux, et on peut à volonté désembrayer une des deux machines de chaque hélice.

Ces machines développent au tirage forcé 13 500 *ch* et ont imprimé aux essais une vitesse de 19,5 nœuds. En service courant, la vitesse est de 18 nœuds environ.

La vapeur leur est fournie par huit chaudières cylindriques à double façade comportant chacune trois foyers intérieurs, soit quarante-huit foyers en tout.

L'approvisionnement de combustible de 2 000 *t* correspond à un coefficient de distance franchissable de 3,9, chiffre très élevé, mais qui s'explique par le fort tonnage du navire.

Armement. — Outre 4 tubes lance-torpilles, l'armement comprend :

4 canons de 203 *mm* placés en encorbellement sur le pont des gaillards et tirant deux en chasse et deux en retraite;

6 canons de 12 *cm* tirant par le travers, également sur le pont des gaillards.

16 canons de 150 *mm* disposés huit de chaque bord dans la batterie;

18 pièces de 47 ou 37 *cm* réparties sur les superstructures.

Les pièces de 12 *cm* et de 150 *mm* sont du système Canet.

Les soutes à munitions étant placées aux deux extrémités du navire, des chemins de fer sous barrots amènent les munitions aux pièces.

En pointe ou en retraite, deux pièces de 203 et deux de 150 *mm* pouvant tirer simultanément.

La puissance offensive de chaque secteur peut s'évaluer de la manière suivante :

Secteur avant	16 800 *tm*
— arrière	16 800
Secteurs latéraux	33 800

La perforation dans l'acier des pièces de 203 *mm* est la même que celle des pièces similaires du croiseur *Amiral-Korniloff*.

Celles des canons Canet de 15 *cm* et 12 *cm* sont les suivantes :

	Pièces de 15 *cm*.	Pièces de 12 *cm*.
Perforation normale. . *mm*.	316	231
— à 40°	79	58

Équipage. — L'équipage du *Rurik* est de 768 hommes.

Si on examine le tableau n° 2 résumant les données des principaux types décrits, on remarque, à première vue, que pour la plupart d'entre eux, la puissance offensive en chasse ou en retraite est inférieure à la puissance offensive de chaque bord.

Pour utiliser tous leurs moyens offensifs, ces croiseurs sont donc obligés d'accepter le combat bord à bord, c'est-à-dire de prendre la position par laquelle ils offrent à l'ennemi la plus large cible. La protection nulle ou très faible de leurs œuvres-mortes les expose alors à de graves dangers si l'ennemi possède des projectiles à explosifs puissants.

Seuls parmi les croiseurs à flot ou en construction, le *Dupuy-de-Lôme*, le *Charner* et le *Brooklyn* font exception et peuvent, sans désavantage pour leur puissance offensive, combattre en pointe. Cependant, au point de vue de la protection, le dernier de ces croiseurs est alors dans une position très inférieure aux deux premiers, étant donnée le peu de hauteur et d'épaisseur de la cuirasse de ceinture et l'absence de tout cuirassement à l'avant.

Le *Terrible*, malgré sa supériorité de tonnage est, au point de vue de la puissance vive des projectiles lancés en une minute à l'avant, sensiblement inférieur aux types cités plus haut, sans qu'il y ait compensation au point de vue de la protection qui est nulle pour les œuvres-mortes.

Au point de vue de la vitesse, tous les croiseurs récents sont à peu près équivalents, sans qu'il soit possible de considérer comme exacts tous les chiffres donnés par les essais, qui ont souvent lieu dans des conditions très différentes de charge.

Tous, ou presque tous ont eu des essais laborieux à cet égard, et ont fait au cours de ceux-ci des avaries plus ou moins graves, surtout dans les chaudières auxquelles on demande un travail énorme.

Le *Minnéapolis* et son semblable le *Columbia*, ont réalisé aux essais 23,4 nœuds, mais cette belle vitesse est plus apparente que

réelle puisque pour le dernier de ces navires la vitesse moyenne lors de la traversée de l'Atlantique n'a pas dépassé 18,5 nœuds, chiffre inférieur à celui donné par les grands paquebots transatlantiques.

Au point de vue du coefficient de distance franchissable, les différences sont plus accentuées. Sur les croiseurs relativement anciens, et c'est le cas de la plupart des croiseurs français, ce coefficient est assez faible. S'il ne faut pas, ainsi qu'il a été dit au commencement de cette étude, tirer de conclusion trop absolue des chiffres cités, ce point est cependant digne d'appeler l'attention, le rayon d'action étant de la plus grande importance pour des navires de ce genre.

A la vérité, les croiseurs français peuvent toujours prendre un supplément de combustible, mais cet approvisionnement donne alors une surcharge très préjudiciable à la vitesse.

Jusqu'à ces dernières années, deux systèmes de protection ont seuls été en présence, le pont cuirassé et le cuirassement vertical. Aujourd'hui, un troisième système résultant de la combinaison de ces deux éléments de protection paraît devoir l'emporter. Le *Dupuy-de-Lôme*, premier navire protégé de cette manière, a fait sensation lors de sa mise en service. Ce système mixte est d'ailleurs la solution logique du problème posé par l'apparition des explosifs puissants. On pouvait cependant espérer que grâce à ce double cuirassement il serait possible de relever un peu le pont cuirassé dont la position en dessous de la flottaison est si gênante pour la disposition de la machinerie.

Un relèvement de ce pont dans la région des machines serait peut-être admissible au grand profit du fonctionnement des moteurs verticaux dont les proportions pourraient être améliorées. Les machines seraient encore suffisamment protégées sans qu'on soit obligé de recourir aux machines horizontales moins rigides et plus sensibles aux déformations inévitables de la coque.

Un glacis cuirassé au-dessus des machines, ou mieux l'adoption d'un bouge plus grand du pont cuirassé dans cette région combinée avec un compartimentage très divisé des onglets formés de chaque bord, et avec un cuirassement vertical suffisant, donnerait sans doute une protection très satisfaisante, surtout si la présence de cofferdam et de combustible dans les compartiments de la tranche cellulaire de flottaison venait encore empêcher les projectiles à explosifs puissants d'éclater trop près du pont cuirassé.

Au point de vue des machines, il est indispensable, pour maintenir facilement la vitesse, d'adopter les proportions en usage sur les paquebots qui traversent l'Atlantique en soutenant régulièrement des vitesses de 18 à 20 nœuds.

Une des causes principales de l'infériorité des croiseurs est le peu de course des pistons, celle-ci étant limitée par la présence du pont cuirassé. Le faible rapport entre la longueur de la bielle et celle de la manivelle vient encore augmenter une infériorité.

Tandis que sur les paquebots le rapport de la course au diamètre du cylindre MP des machines à triple expansion adoptées aujourd'hui partout, atteint et dépasse 1, il n'est sur les croiseurs que de 0,65 à 0,80.

De même le second rapport qui varie de 4 à 5 sur les paquebots, ne dépasse pas 4 sur les croiseurs.

Ce sont là des conditions défavorables de fonctionnement auxquelles il importe de remédier. En accroissant ces deux rapports, on augmenterait sans doute dans une certaine proportion le poids et la hauteur des machines, mais on éviterait bien des avaries, et, somme toute, les avantages réalisés dépasseraient sans doute de beaucoup les inconvénients.

Ces derniers pourraient être d'ailleurs atténués dans une forte proportion par l'adoption d'une pression plus élevée qui permettrait de réduire le volume des cylindres et, par suite, la course des pistons.

Peut-être viendra-t-il à la pensée de remplacer, pour éviter le surhaussement du pont cuirassé, les machines verticales par des machines horizontales, mais il faut remarquer que les premières tendent à se répandre de plus en plus et paraissent donner de meilleurs résultats que les secondes tout en diminuant l'encombrement des fonds. Il faut sans doute chercher les causes de cet état de choses dans la difficulté qu'on rencontre à assurer aussi bien la rigidité de la base des machines horizontales.

Les flexions inévitables de la coque et les grandes vitesses de rotation adoptées aujourd'hui rendent, en effet, presque impossible la suppression, dans les machines horizontales, d'efforts anormaux absorbant une partie non négligeable de la puissance des machines.

Tous les croiseurs étrangers récents ont des machines verticales, et cette disposition paraît certainement la meilleure au point de vue de l'accessibilité des diverses parties, et, avec de meilleurs rapports entre les diamètres des cylindres et la course des pis-

tons d'une part, et entre la bielle et la manivelle, donnerait probablement toute satisfaction.

Ces améliorations pourraient, d'ailleurs, être obtenues sans accroissement de poids trop considérable, par l'adoption des pressions de 15 à 16 *kg* au lieu de celle de 10 *kg* généralement adoptée. Les cylindres de plus petit diamètre et de plus petit volume n'augmenteraient pas sensiblement de poids, leur épaisseur étant surtout fixée par des conditions de fonderie, et il en serait à peu près de même des pièces en mouvement en raison de la diminution de surface des pistons à puissance égale.

Cet accroissement de pression, impossible à obtenir avec les chaudières cylindriques à retour de flamme, dont les tôles paraissent avoir aujourd'hui toute l'épaisseur compatible avec un travail satisfaisant, est relativement aisé avec les chaudières tubulées qui, bien que plus légères, peuvent supporter facilement des pressions de 20 *kg*.

Avec un faible volume d'eau et, par suite, un poids bien moins considérable que celui des chaudières cylindriques, elles ont une puissance vaporisatrice bien plus élevée. Sans doute leur conduite est plus délicate et exige un personnel plus soigneux, mais les inconvénients rencontrés au début ont beaucoup diminué, s'ils n'ont pas complètement disparu, grâce à l'étude permanente de ceux qui se sont consacrés à la construction de ces types de chaudières.

Ce sont des types français qui paraissent avoir donné les meilleurs résultats. Les plus connus sont ceux de Dutemple, Belleville, d'Allest, Niclausse et Normand.

Il est difficile de se prononcer entre ces différents types qui présentent tous des avantages. D'une manière générale, on peut cependant dire que le meilleur type est celui dans lequel la vapeur se dégage le plus facilement et où la formation des poches de vapeur, si préjudiciable à la durée des tubes, se produit le plus rarement. A cet égard, la chaudière Normand, modification heureuse de la chaudière Dutemple, est, à cet égard, dans d'excellentes conditions, les tubes de dégagement de vapeur étant presque verticaux et pleins d'eau.

L'adoption des chaudières tubulées présente, outre l'augmentation possible de la pression, l'avantage de permettre beaucoup plus facilement les variations d'allures, indispensables à un croiseur ou à un navire de combat. Avec ces chaudières, on peut, grâce à la vaporisation intense qu'on peut obtenir pour ainsi dire

instantanément, passer avec rapidité de la marche à petite vitesse à la marche à toute puissance. A la vérité, il faut des chauffeurs exercés et attentifs, mais leur besogne est aujourd'hui singulièrement facilitée par les appareils automatiques d'alimentation, d'un fonctionnement sûr, qui sont les accessoires indispensables de ces types de chaudières. Les essais récents faits par la marine anglaise ne laissent aucun doute sur les avantages présentés par les chaudières tubulées, et ont démontré l'excellence des dispositifs adoptés sur les chaudières Belleville.

Des détendeurs, interposés entre les chaudières et les machines, permettent, d'ailleurs, de faire varier dans des limites très larges, la pression de marche aux cylindres, et, par suite, laissent la facilité de marcher dans les conditions de distribution les plus favorables.

On peut remarquer que la France, l'Amérique et l'Allemagne ont essayé l'emploi de trois hélices. Les résultats ont généralement été satisfaisants comme utilisation. Lors des essais de la *Columbia*, on a obtenu $M = 4$ et $M_1 = 6{,}16$, chiffres très élevés, étant donnée la grandeur du navire. L'emploi de trois machines, commandant chacune une hélice, paraît préférable pour obtenir les énormes puissances nécessaires aujourd'hui, au système des hélices doubles conduites chacune par deux machines, dont une peut se débrayer pour la marche à faible puissance. Avec ce dernier système, la machine d'arrière fonctionne beaucoup plus souvent que la machine d'avant, et il se produit des dénivellations d'arbres préjudiciables au bon fonctionnement. Avec le système à trois hélices, une avarie à un des propulseurs laisse encore au navire une vitesse satisfaisante, tandis qu'avec le système à deux hélices, si le navire n'est pas complètement immobilisé, sa vitesse est fort réduite. C'est là un nouvel avantage très appréciable sur les navires de guerre.

Toutefois, pour les navires de combat, la vitesse de 20 nœuds, encore suffisante aujourd'hui, peut se réaliser facilement à l'aide de deux machines, ce qui réduit l'emplacement occupé par la machinerie au profit de la puissance offensive et défensive.

Sur les croiseurs décrits, on peut voir, qu'à part de rares exceptions, notamment sur les navires russes, la mâture est excessivement réduite, si elle n'est pas complètement remplacée par des mâts militaires aux hunes de combat. Cette disposition, rationnelle pour le navire de combat qui doit généralement marcher en escadre à la vapeur, paraît moins indiquée pour le croiseur.

Outre que sa mâture militaire le fera reconnaître plus facilement de l'ennemi, elle le prive d'un moyen de croiser en économisant son combustible.

Le croiseur n'utilise, en effet, que pendant un temps relativement court sa marche à toute puissance. En croisière, à la recherche de l'ennemi la marche à vitesse réduite sera la règle; aussi paraît-il avantageux de doter ce genre de navire d'une voilure susceptible de lui donner une vitesse de 8 ou 9 nœuds, la machinerie ne devant plus que lui fournir l'appoint nécessaire pour lui permettre d'atteindre 10 ou 11 nœuds, tout en tenant les machines chauffées, balancées et prêtes à fournir très rapidement leur maximum de puissance.

D'autre part, il faut que la mâture ne soit pas, dans la marche à toute vitesse, une source de résistance appréciable; elle doit donc, dans ce cas, pouvoir s'amener facilement, c'est-à-dire qu'elle ne comporte pas de phare carré. A grande allure, elle peut alors être réduite aux bas mâts. La mâture de trois ou quatre mâts goélettes, analogue à celle employée jadis sur la *Gloire* paraît tout indiquée.

L'économie de combustible résultant de la présence de cette voilure ne sera pas négligeable, les machines n'ayant plus à fournir, la plupart du temps, qu'une force restreinte.

Ce sont sans doute des considérations de ce genre qui ont poussé la Russie à conserver sur ses croiseurs des mâtures complètes. Les longues traversées à exécuter entre la Baltique ou la mer Noire et le port de Wladivostock l'ont sans doute incitée à étudier la question au point de vue économique. Si l'économie d'argent n'est plus que secondaire en temps de guerre, celle du combustible est capitale, en raison des difficultés que rencontrera le réapprovisionnement du croiseur, le charbon pouvant être considéré comme contrebande de guerre.

L'économie de combustible aurait encore pour résultat de permettre aux croiseurs de tenir plus longtemps la mer, c'est-à-dire d'augmenter virtuellement le nombre de ceux-ci, tout en diminuant leurs chances de capture toujours plus grandes aux atterrages.

Toutes les observations faites au sujet du croiseur corsaire, sauf celle relative à la mâture inutile à un navire de combat, s'appliquent également au croiseur cuirassé.

Le tonnage de 8 300 *t* auquel propose de se limiter M. le contre-amiral Fournier paraît un peu faible pour réunir à la fois, dans

des conditions satisfaisantes, l'armement, la protection, la vitesse et surtout le rayon d'action.

Sans aller jusqu'aux énormes tonnages relevés en Angleterre et en Italie, il y aurait sans doute intérêt à se rapprocher de celui du *Brooklyn*, et même d'adopter pour l'armement des dispositions analogues.

Sans doute ce dernier devra être réduit, et le poids rendu disponible, tant par cette réduction que par l'adoption des chaudières tubulées, devra être consacré au cuirassement vertical, complètement insuffisant à bord du *Brooklyn*, mais les dispositions générales de celui-ci pourraient être conservées avec avantage.

Ce type semble, en effet, concilier, dans la mesure du possible, les qualités offensives et les qualités nautiques.

Au point de vue des premières, la réduction des œuvres-mortes au strict minimum serait certainement préférable, mais les qualités nautiques laissent alors tellement à désirer, l'habitabilité est tellement défectueuse et le rayon d'action si faible, en raison du peu de place disponible pour les soutes à combustible, que le croiseur ne serait plus alors un navire de haute mer mais un simple garde-côtes.

Si, par suite d'une évolution de la lutte entre le canon et la cuirasse, cette solution prévalait un jour, elle ne ferait que donner plus d'importance au rôle des croiseurs véritables, pour lesquels une grande hauteur de franc bord, leur permettant de se défendre contre la mer, sera toujours nécessaire.

Comme on peut le voir par cette étude sommaire des différents types de croiseurs, les conditions à remplir sont tellement complexes que jusqu'à présent les types définitifs ne paraissent pas encore fixés. Nous pouvons cependant espérer que, grâce à la science de nos Ingénieurs et de celui qui est aujourd'hui à leur tête, nous pouvons regagner le temps perdu et que notre marine reprendra le rang dont d'autres plus jeunes cherchent à la faire déchoir.

Mais il n'y a plus de temps à perdre, car chaque jour accroit l'avance que nos rivaux ont prise sur nous.

CONSIDÉRATIONS

SUR LA

BATAILLE DU YALOU

ET LES

CONDITIONS QUE DOIVENT REMPLIR LES NAVIRES DE GUERRE

PAR

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT

CHAPITRE PREMIER

RÉSUMÉ DE LA THÉORIE DE LA STABILITÉ DU NAVIRE

Afin de mieux préciser les données du complexe et difficile problème que doit résoudre aujourd'hui le bâtiment de combat, nous croyons utile de donner ici un résumé très succinct et très élémentaire de la théorie de la stabilité du navire : l'étude comparative des résultats théoriques que fournit cette théorie de la stabilité du navire et des enseignements pratiques que donne la bataille du Yalou peut seule permettre d'arriver aux conclusions générales qu'il nous a paru bon de mettre en lumière. C'est pourquoi nous rappellerons ici, en les réduisant au strict minimum nécessaire les principales définitions et propriétés de la stabilité des flotteurs *partiellement* immergés.

Principe d'Archimède. — Ligne de flottaison. — Déplacement. — Carène. — Ligne de flottaison en charge. — Œuvres-mortes. — Longueur et profondeur d'une carène.

On sait, d'après le principe d'Archimède, que tout corps immergé en partie ou en totalité dans un liquide subit de la part de celui-ci une poussée verticale égale au poids du liquide déplacé.

Si l'on abandonne à la surface d'un liquide un corps dont le poids spécifique est inférieur au poids spécifique de ce liquide, le

corps flotte; on nomme *ligne de flottaison* l'intersection de ce corps flottant avec la surface du liquide. L'équilibre s'établit pour une position telle que le poids du liquide déplacé par le flotteur soit égal au poids de ce flotteur.

Si l'on nomme δ le poids spécifique de ce liquide, P le poids du flotteur exprimé en tonneaux de 1 000 *kg*, le volume V de la partie immergée du flotteur exprimé en mètres cubes sera donné par la relation

$$V = \frac{P}{\delta}.$$

Dans le cas de la navigation maritime $\delta = 1{,}026$

$$V = \frac{P}{1{,}026}.$$

Le poids total du navire avec son chargement complet étant, d'après ce qui précède, égal au poids du volume d'eau déplacé se nomme *déplacement.*

La flottaison correspondante au poids total du navire avec son déplacement complet se nomme *flottaison en charge.*

La partie immergée du bâtiment — celle dont le volume est égal à V pour le déplacement P — se nomme carène ou œuvres-vives; la partie émergée du navire se nomme accastillage ou œuvres-mortes.

La *longueur de la carène* ou *longueur entre perpendiculaires* est la distance séparant entre eux les deux plans qui sont perpendiculaires à l'intersection du plan de flottaison avec le plan longitudinal de symétrie et qui sont en même temps tangents aux points extrêmes avant et arrière de la carène.

La profondeur de la carène est la hauteur de la verticale passant par le milieu de la longueur de la carène et qui est comprise entre le plan de flottaison en charge et la surface de la carène.

Stabilité et immobilité de plate-forme.

Tout d'abord, il convient d'établir nettement les différences existant entre la *stabilité* — en anglais *stability* — et *l'immobilité de plate-forme* — en anglais *steadiners.*

La stabilité d'un navire est la tendance qu'a ce navire à regagner sa position d'équilibre initial dont une force a pu l'écarter, — le plus souvent on ne considère que les forces qui ne font pas varier le volume immergé de ce bâtiment.

La position d'équilibre initial existe généralement — en pratique, on peut même dire toujours.

Un navire abandonné à lui-même à la surface d'une eau calme arrive à prendre une certaine position de repos. Si on le dérange de cette position, il oscille pendant un certain laps de temps, puis il y revient.

Cette position d'équilibre initial est dite stable.

Un navire ordinaire a toujours une position initiale d'équilibre stable. Il en a même généralement plusieurs : si on fait agir sur un navire dans une position initiale d'équilibre stable une force suffisamment considérable et appliquée d'une certaine façon, ce navire peut *chavirer* c'est-à-dire qu'il peut tendre à gagner une autre position d'équilibre stable.

Les bâtiments inchavirables, c'est-à-dire n'ayant qu'une seule position initiale d'équilibre stable sont très rares.

L'immobilité de plate-forme consiste dans la petite amplitude relative et la grande durée relative des oscillations que tendent à imprimer à un bâtiment les forces dont l'action a écarté momentanément ce bâtiment de sa position d'équilibre.

La stabilité d'un certain navire dans une position déterminée provient de l'action de forces que l'on peut évaluer par le calcul ou par l'expérience. On peut donc l'assimiler à un couple de redressement ou de chavirement suivant que ces forces tendent à faire regagner à ce navire sa position d'équilibre initial ou à l'en écarter encore davantage. Ce couple peut naturellement être représenté graphiquement ou numériquement à l'aide de tel système d'unités que l'on choisira.

Au contraire, l'immobilité de plate-forme d'un certain bâtiment naviguant dans des conditions déterminées ne saurait être exprimée ni numériquement, ni graphiquement dans aucun système d'unités. Mais on peut en comparer séparément les deux éléments distincts — c'est-à-dire d'une part l'amplitude, et d'autre part la durée des oscillations — aux mêmes éléments de la stabilité de plate-forme d'autres bâtiments naviguant dans les mêmes conditions ou dans d'autres conditions. On peut aussi comparer séparément ces éléments aux mêmes éléments du même bâtiment naviguant dans d'autres conditions.

On étudiera seulement la stabilité d'un bâtiment écarté de sa position d'équilibre par une rotation autour d'un axe horizontal. Suivant que cet axe sera perpendiculaire ou parallèle au plan lon-

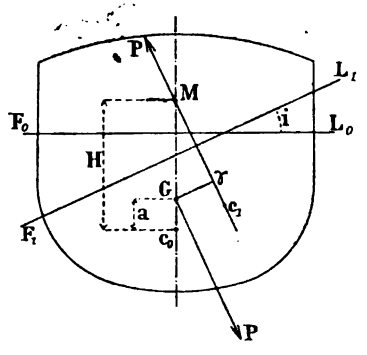
gitudinal, c'est de la stabilité transversale ou de la stabilité longitudinale qu'il sera question.

Enfin, on négligera le frottement de l'eau sur la carène ainsi que les forces vives engendrées par la rotation du navire ; c'est dire qu'on tiendra seulement compte de la pesanteur et de la poussée.

Conditions générales de stabilité sous un angle quelconque. — Centre de carène et centre de gravité. — Flottaisons isocarènes. — Point métacentrique. — Hauteur métacentrique et moment de stabilité pour une flottaison quelconque. — Stabilité de forme et stabilité de poids.

Le navire flottant à la surface de l'eau, il y a équilibre entre la pesanteur et la poussée. Ces deux forces sont donc égales, dirigées en sens contraire, et ont leurs points d'application situés sur une même verticale.

Fig. 1



Soit G le centre de gravité du navire.

Soit C_0 le centre de carène, c'est-à-dire le centre de gravité de la masse d'eau déplacée par la carène ; la poussée de l'eau s'exerce en C_0.

Menons par la verticale $G C_0$ un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du bâtiment.

Soit $F_0 L_0$ la trace du plan de flottaison normale sur ce plan.

Supposons que le bâtiment s'incline d'un angle i sous l'effet d'une cause quelconque mais sans que son poids varie.

Comme le poids n'a pas varié, la poussée n'a pas varié davantage : la nouvelle ligne de flottaison délimite donc une nouvelle carène de formes différentes mais de même volume que l'ancienne.

Aussi ces deux lignes de flottaison se nomment-elles flottaisons isocarènes.

Pour faciliter les figures et la démonstration nous supposerons que le navire reste immobile et que c'est la flottaison isocarène qui a tourné d'un angle i.

Soit C, le nouveau centre de carène correspondant à la flottaison $C_1 F_1$.

Le poids et la poussée constituent un couple dont le moment est $P \times G\gamma$.

Pour que le navire soit stable, il faut que ce couple tende à redresser le navire ; dans le cas de la figure, il faut que ce couple tende à faire imprimer au bâtiment une rotation en sens contraire à celui des aiguilles d'une montre. Il faut pour cela que la perpendiculaire à $F_1 L_1$ menée par C_1 rencontre la perpendiculaire $C_0 G$ à $F_0 L_0$ en un point M situé au-dessus du centre de gravité G.

Le point M se nomme le point métacentrique correspondant à la flottaison $F_1 L_1$.

Ainsi un navire est stable aux flottaisons pour lesquelles le point métacentrique est au-dessus du centre de gravité.

Convenons de prendre le point C_0 comme origine sur la droite $C_0 G$ et de considérer comme lignes positives celles qui sont au-dessus de C_0, centre de carène initial.

Désignons par H la hauteur du point M au-dessus du point C_0 : c'est la hauteur métacentrique de la flottaison $F_1 L_1$.

Soit à la distance $C_0 G$ entre le centre de carène initial et le centre de gravité.

$$P \times G\gamma = P \times G M \sin i$$

$$P \times G\gamma = P (H - a) \sin i. \qquad (1)$$

$P (H - a) \sin i$ est le moment de stabilité correspondant à la flottaison $F_1 L_1$.

Nous considérons comme positifs les couples tendant à produire des rotations de redressement. Il y aura donc chavirement si $P (H - a) \sin i < 0$. Or P est toujours dirigé dans le même sens. Sin i est $> o$ pour toute valeur comprise entre 0° et 180°. Dans cette limite d'inclinaison il ne reste que $H - a$ à considérer.

Si $a > 0$, le redressement se produira pour toutes les valeurs de $H > a$.

Si $a = 0$, le redressement se produira pour toute valeur de $H > 0$.

Si $a < 0$, le redressement se produira pour toute valeur de $H > 0$ et pour toute valeur négative de H plus petite que a en valeur absolue.

En définitive, cette formule ne fait que traduire en langage algébrique la condition de stabilité déjà énoncée, à savoir qu'un navire

est stable aux flottaisons pour lesquelles le point métacentrique est au-dessus du centre de gravité.

La formule P (II — a) sin i qui représente le moment de stabilité pour la flottaison $F_1 L_1$, peut être mise sous la forme

$$PH \sin i - Pa \sin i.$$

PII sin i est le moment d'un couple de deux forces P appliquées en C_0 et C_1; sa valeur ne dépend absolument que des positions successives du centre de carène et par conséquent des formes mêmes de cette carène.

Ce couple est donc nommé couple de stabilité de formes.

(— Pa sin i) est le moment d'un couple de deux forces P appliquées en C_0 et G; sa valeur dépend des positions relatives du centre de carène et du centre de gravité, pour une carène déterminée il dépend de la répartition des poids. Ce couple est par suite appelé couple de stabilité de poids.

En pratique PII sin i est un couple de redressement, tandis que (— Pa sin i) est le plus souvent un couple de chavirement.

Détermination des éléments de la stabilité d'un navire.

Calcul du déplacement P ; *lignes d'eau; couple milieu ; maître couple; détermination de la position du centre de carène* C_0 *et du centre de gravité* G.

1°. — Calcul du déplacement P ; lignes d'eau et couples.

On a vu que le déplacement P = V $\times$ 1,026. On peut donc calculer P en calculant V volume de la carène.

Pour évaluer V et pour étudier les formes de la carène on détermine les intersections de la carène avec des plans parallèles au plan de la flottaison : ce sont les *lignes d'eau*. On détermine aussi les *couples*, c'est-à-dire les intersections de la carène avec des plans perpendiculaires à l'intersection du plan de flottaison et du plan longitudinal de symétrie; le couple dont le plan est équidistant des deux extrémités de la carène se nomme *couple milieu*; le couple dont la surface est maxima s'appelle *maître couple*.

Le plus souvent, indépendamment de la flottaison en charge, on détermine dix lignes d'eau équidistantes. On commence le numérotage par en bas, et l'on affecte le numéro zéro à la ligne d'eau dont le plan passe par le point où la droite d'intersection

du plan du couple milieu et du plan longitudinal de symétrie rencontre la surface de la carène.

Sans compter le couple milieu, à qui l'on affecte le numéro zéro, on détermine vingt couples équidistants que l'on désigne par les numéros de 1 à 10 en allant du milieu vers les extrémités : la longueur de la carène est ainsi partagée en vingt intervalles égaux.

Soient $S_0S_1 \ldots S_9S_{10}$

les surfaces des différentes lignes d'eau.

On admet que chacune des dix tranches de carène comprises entre deux lignes d'eau consécutives a un volume approximativement égal à celui d'un cylindre ayant pour hauteur la distance h qui sépare les deux lignes d'eau et pour base la moyenne des surfaces de ces deux lignes d'eau.

On a ainsi pour les volumes $v_1v_2 \ldots v_9v_{10}$ des tranches comprises entre les lignes d'eau 0 et 1, 1 et 2 ... 8 et 9, 9 et 10.

$$v_1 = h \times \left(\frac{S_0 + S_1}{2}\right) = h \times \left(\frac{S_0}{2} + \frac{S_1}{2}\right)$$

$$v_2 = h \times \left(\frac{S_1}{2} + \frac{S_2}{2}\right)$$

. . . . . .

. . . . . .

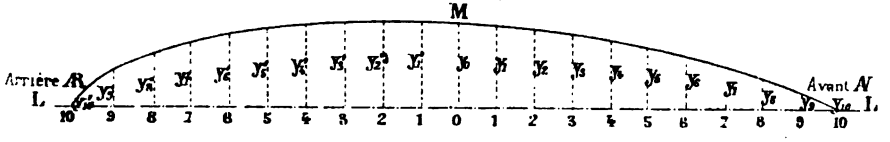
$$v_9 = h\left(\frac{S_8}{2} + \frac{S_9}{2}\right)$$

$$v_{10} = h\left(\frac{S_9}{2} + \frac{S_{10}}{2}\right)$$

$$v_1 + v_2 \ldots v_9 + v_{10} = V = h\left(\frac{S_0}{2} + S_1 + S_2 \ldots S_8 + S_9 + \frac{S_{10}}{2}\right). \quad (2)$$

Pour avoir V, volume de la carène, il faut donc calculer les surfaces des différentes lignes d'eau.

Fig. 2



Pour faire ce calcul on prend, d'un côté du plan longitudinal de symétrie, la demi-aire d'une ligne d'eau. On détermine sur

cette surface les traces $y_{10}y_9 \ldots y_2, y_1, y_0, y'_1, y'_2 \ldots y'_9, y'_{10}$ des dix couples avant, du couple milieu, et des dix couples arrière.

Toutes ces traces sont à une même distance les unes des autres.

On assimile chaque aire comprise entre deux traces consécutives à un trapèze ayant pour hauteur l et pour base les deux traces consécutives.

En faisant, de l'avant à l'arrière, les sommes de tous ces trapèzes on a pour expression de la valeur de l'aire de la ligne d'eau

$$S = l\left(\frac{1}{2}y_{10} + y_9 \ldots + y_1 + y_0 + y'_1 \ldots + y'_9 + \frac{1}{2}y'_{10}\right). \quad (3)$$

Remarque. — On calcule l'aire des couples par la même méthode.

Cette équation permet de calculer le déplacement puisque

$$P = V \times 1{,}026.$$

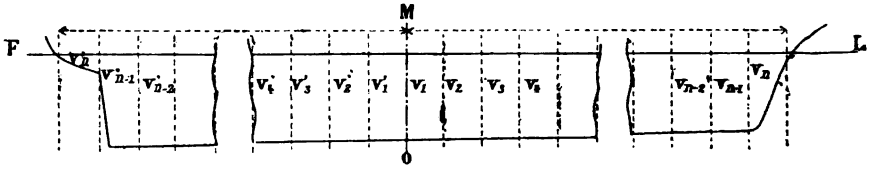
2° Détermination de la position du centre de carène C_0.

Le centre de carène est évidemment situé dans le plan longitudinal du navire, puisque le navire est symétrique par rapport à ce plan.

On pourra donc déterminer la position du centre de carène en calculant sa distance X, du couple milieu, et sa hauteur Y, au-dessus du plan de la ligne d'eau zéro, c'est-à-dire de la première ligne d'eau en commençant par le bas.

Pour déterminer la distance du centre de carène au plan du couple milieu oM considérons les volumes $v_1v_2 \ldots v_{n-1}v_n$ des tranches de carène comprises entre deux couples successifs situés à l'avant du couple milieu et $v'_1v'_2 \ldots v'_{n-1}v'_n$, les volumes des tranches de carène comprises entre deux couples successifs situés à l'arrière du couple milieu.

Fig. 3



On détermine d'abord les centres de gravité de toutes ces tranches verticales, puis les distances $l_1l_2 \ldots l_{n-1}l_n$ et $l'_1l'_2 \ldots l'_{n-1}l'_n$,

auxquelles ces centres de gravité sont situés du couple milieu

Pour calculer X, distance existant entre le centre de carène et le couple milieu, il suffira d'écrire que la carène est soumise à l'action de la pesanteur et que, par rapport à ce plan du couple milieu, la somme des moments des composantes est égale au moment de la résultante.

Si nous prenons comme longueurs positives celles qui sont à l'avant du couple milieu, nous aurons l'équation

$$\Sigma_1^n vd - \Sigma_1^n v'd' = VX, \qquad (4)$$

d'où l'on peut tirer X.

De même pour déterminer Y, distance du centre de carène au plan de la ligne d'eau zéro, nous mènerons un nombre n, déterminerons $(n + 1)$ lignes d'eau équidistantes. La ligne de flottaison étant la ligne d'eau $(n + 1)$.

Nous déterminerons ainsi, dans la carène, n tranches dont nous représenterons les volumes par

$$u_1 u_2 \ldots u_{n-1} u_n$$

et dont nous désignerons par

$$k_1 k_2 \ldots k_{n-1} k_n$$

les distances des centres de gravité de ces tranches au-dessus du plan de la ligne d'eau zéro.

En écrivant que, par rapport au plan d'eau zéro, la somme des moments des composantes est égale au moment de la résultante, on aura la relation

$$\Sigma_1^n uk = VY \qquad (5)$$

d'où l'on tire Y.

La position du centre de carène C_0 est alors déterminée.

En pratique on fait généralement $n = 10$ dans les équations (4) et (5).

On a ainsi

$$\Sigma_1^{10} vd - \Sigma_1^{10} v'd' = VX \qquad (4\ bis)$$

$$\Sigma_1^{10} uk = VY. \qquad (5\ bis)$$

3° Détermination de la position du centre de gravité G

Le centre de gravité doit forcément être sur la même verticale que le centre de carène.

Or, dans tout navire, si plusieurs des éléments du poids ont une position fixée d'avance, il en existe d'autres dont l'on peut, au contraire, faire varier la position, au moins dans certaines limites.

On commence donc généralement par fixer a, distance entre C_0 et G.

Ensuite, à l'aide de calculs de moments par rapport à un plan horizontal, calculs dans lesquels on a certains éléments invariables et certains éléments variables, on fixe par tâtonnements les plans horizontaux dans lesquels seront les centres de gravité des principaux éléments mobiles, tels que canons, tourelles, machines, chaudières, soutes.

Puis on prend les moments de tout l'ensemble du poids par rapport au plan du couple passant par C_0 ; si ce moment est nul, le problème est résolu. Dans le cas où ce moment n'est pas nul, il faut voir si l'on peut, par une translation compatible avec les formes du navire et les données pratiques auxquelles doit répondre ce navire, amener le centre de gravité dans le plan du couple passant par le centre de carène du navire ; sinon il faudra, dans des limites possibles, déplacer horizontalement les centres de gravité des éléments mobiles dont l'on pourra disposer et amener ainsi le centre de gravité du navire à être dans le plan du couple passant par le centre de carène.

Stabilité d'un navire sous une faible inclinaison.

Lorsqu'on incline d'un angle infiniment petit, autour d'un axe longitudinal, un navire situé dans sa position d'équilibre, la tendance qu'a ce navire à reprendre sa position d'équilibre est ce que l'on appelle la *stabilité transversale initiale*.

Le point métacentrique et la hauteur métacentrique correspondants se nomment respectivement le *métacentre* et le *rayon métacentrique transversal* ou *petit rayon métacentrique*. Ce dernier se désigne généralement par la lettre ρ.

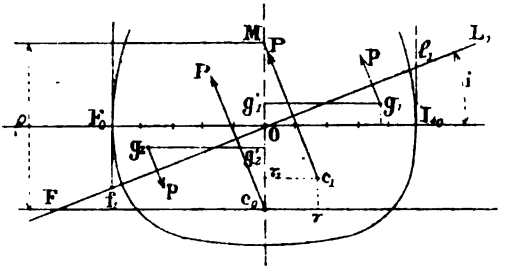
Calcul du rayon métacentrique transversal ρ.

Pour calculer le rayon métacentrique ρ en fonction des dimensions de la carène, on considère un couple; on suppose que le navire s'inclinant d'un angle infiniment petit i, la flottaison isocarène correspondante F_1L_1 coupe la flottaison initiale F_0L_0 suivant une droite située dans le plan longitudinal de symétrie et se projetant en O dans le plan du couple considéré.

Soient C_0 et C_1 les centres de carène correspondants au lieu du navire s'inclinant, il est plus commode de supposer que c'est la flottaison isocarène qui tourne de l'angle i autour du point o.

Comme nous avons supposé un angle d'inclinaison infiniment petit, nous pouvons, dans les environs de la flottaison, F_0L_0 remplacer la carène par un cylindre droit, dont la base serait la flottaison initiale et les génératrices des perpendiculaires à cette base.

Fig. 4



Les deux flottaisons F_0L_0 et F_1L_1 déterminent dans ce cylindre deux onglets égaux F_0Of_1, L_0Ol_1 dont nous supposons les centres de gravité en g_1 et g_2 se projetant respectivement en g'_1 et g'_2 sur C_0O.

Soit P la poussée de la carène appliquée d'abord en C_0 puis en C_1; p la poussée résultant de l'immersion d'un des onglets; $(-p)$ l'augmentation de poids résultant de l'émersion de l'autre onglet.

La poussée P appliquée en C_1 est la résultante de la poussée P appliquée en C_0 de la poussée p appliquée en g_1 et du poids $(-p)$ appliqué en g_2.

On considère ensuite deux plans passant par C_0 et qui sont le premier parallèle et le second perpendiculaire au plan de flottaison F_0L_0.

C_0X et C_0Y sont les traces de ces plans sur le plan du couple du navire pris comme plan de figure.

Les points C_1, g_1, g_2 s'y projettent respectivement en γ, γ_1, g_1, g_2.

La figure montre que $\rho = C_0M = C_0\gamma_1 + \gamma_1M$.

$$\gamma_1M = \frac{\gamma_1C_1}{\operatorname{tg} i}$$

$$\rho = C_0\gamma_1 + \frac{\gamma_1C_1}{\operatorname{tg} i}. \qquad (z)$$

Il faut donc calculer $C_0\gamma_1$ et γ_1C_1 en fonction des dimensions de la carène.

Pour cela on écrit que, par rapport aux plans C_0x et C_0y, la somme des moments des forces composantes est égale au moment de la composante, en tenant compte de ce que les deux moments de la force P appliquée en C_0 sont nuls.

Prenant le moment par rapport à C_0x, on a la relation :

$$P \times C_0\gamma_1 = p \times C_0g'_1 + (-p) \times C_0g'_2$$
$$= p\,(C_0g'_1 - C_0g'_2) = p \times g'_1g'_2.$$

Mais à cause de la symétrie du navire, les onglets sont égaux; leurs centres de gravité sont à égale distance de la flottaison F_0L_0.

La relation précédente peut s'écrire :

$$P \times C_0\gamma_1 = 2p \times Og'_1.$$

En divisant les deux membres de cette équation par le poids spécifique de l'eau de mer (= 1,026) on fait intervenir les volumes V et v de la carène et des onglets.

Alors la relation précédente devient :

$$V \times C_0\gamma = 2v \times Og'_1.$$

Or $v \times Og'_1$ c'est le moment de l'onglet par rapport au plan de flottaison F_0L_0; désignons-le par $M_{F_0L_0}$.

$$V \times C_0\gamma = 2M_{F_0L_0}. \qquad (\delta)$$

En prenant le moment par rapport à C_0y, on a la relation :

$$P \times C_1\gamma = p \times g_1g'_1 + (-p)\,(-g_2g'_2).$$
$$= p\,(g_1g'_1 + g_2g'_2).$$

Ces deux onglets étant égaux $g_1g'_1 = g_2g'_2$, et $P \times C_1\gamma = 2p \times g_1g'_1$.

En divisant les deux membres par le poids spécifique de l'eau de mer, on a comme précédemment :

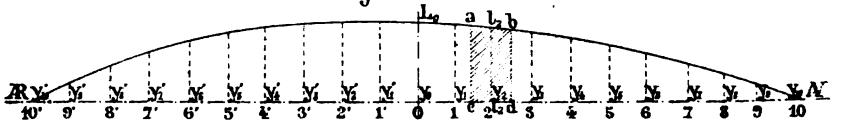
$$V \times C_1\gamma = 2v \times g_1g'_1.$$

$V \times g_1g'_1$ est le moment de l'onglet par rapport au plan longitudinal C_0y ; désignons-le par M_{C_0y}.

$$V \times C_1\gamma = 2\,M_{C_0y}. \qquad (\gamma)$$

Pour avoir $C_0\gamma$ et $C_1\gamma$ il faut donc calculer $M_{F_0L_0}$ et M_{C_0y}.

Fig. 5.



Pour calculer ces moments on remplace l'onglet par une succession d'onglets déterminés par des plans perpendiculaires au plan

longitudinal de symétrie et menés à égale distance des plans des couples.

On admet que chacun de ces onglets peut être remplacé par un prisme droit à base triangulaire, ayant comme base la portion du plan du couple comprise entre les deux plans de flottaisons isocarènes OL_0 et OL_1 et la perpendiculaire menée au plan OL_0 par le point ou le plan du couple considéré rencontre l'intersection de la carène avec le plan OL_0.

Si l'on désigne par y les droites telles que OL_0, o_2l_2, etc., et par l la longueur cd, le volume d'un onglet aura évidemment pour expression :

$$\left[\frac{1}{2}(y \times y \operatorname{tg} i)\right] \times l = \frac{1}{2} ly^2 \operatorname{tg} i.$$

Pour cet onglet M_{F,L_0} aura pour expression :

$$\sum \frac{1}{2} ly^2 \operatorname{tg} i \times \frac{1}{3} y \operatorname{tg} i = \sum \frac{1}{6} ly^3 (\operatorname{tg} i)^2.$$

$M_0 y$ aura pour expression :

$$\sum \frac{1}{2} ly^2 \operatorname{tg} i \times \frac{2}{3} y = \sum \frac{1}{3} ly^3 \operatorname{tg} i.$$

Généralement on étudie dans un navire le couple milieu, dix couples avant, et dix couples arrière.

Soient $y_0 y_1 y_2 \ldots y_9 y_{10}$, $y'_1 y'_2 \ldots y'_9 y'_{10}$ les ordonnées OL_0 correspondantes.

Si L est la longueur de la carène, pour tous les prismes droits la hauteur $l = \frac{L}{20}$ sauf pour les prismes extrêmes dont la hauteur est $\frac{1}{2} l$.

Dans la valeur de M_{F,L_0} on peut mettre $\frac{1}{6} l (\operatorname{tg} i)^2$ en facteur commun et l'on a :

$$M_{F,L_0} = \frac{1}{6} l (\operatorname{tg} i)^2$$

$$\left[\frac{1}{2} y_{10}^3 + y_9^3 \ldots + y_2^3 + y_1^3 + y_0^3 + y'^3_1 + y'^3_2 + \ldots + y'^3_9 + \frac{1}{2} y'^3_{10}\right]$$

De même :

$$M_0 y = \frac{1}{3} l \operatorname{tg} i$$

$$\left[\frac{1}{2} y_{10}^3 + y_9^3 \ldots + y_2^3 + y_1^3 + y_0^3 + y'^3_1 + y'^3_2 \ldots + y'^3_9 + \frac{1}{2} y'^3_{10}\right]$$

Le produit de $\frac{1}{3} l$ par la somme des cubes des ordonnées de la demi-flottaison est le moment d'inertie de la demi-flottaison.

Si l'on désigne par I le moment d'inertie de la flottaison entière, le moment d'inertie de la demi-flottaison est $\frac{I}{2}$.

$$M_{F.I.} + \frac{1}{4} I (\operatorname{tg} i)^2$$

$$M_0 y + \frac{1}{2} I \operatorname{tg} i.$$

Les équations (ε) et (γ) donnent alors :

$$C_0\gamma = \frac{2 \times \frac{1}{4} I (\operatorname{tg} i)^2}{V} = \frac{1}{2} \frac{I}{V} (\operatorname{tg} i)^2$$

$$C_1\gamma_1 = \frac{2 \times \frac{1}{2} I \operatorname{tg} i}{V} = \frac{I}{V} \operatorname{tg} i$$

Portant ces valeurs dans l'équation (α) on a :

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{I}{V} (\operatorname{tg} i)^2 + \frac{\frac{I}{V} \operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} i}$$

$$\rho = \frac{1}{2} \frac{I}{V} (\operatorname{tg} i)^2 + \frac{I}{V}.$$

Dans cette relation I et V sont des quantités finies, tandis que pour un angle infiniment petit, $\operatorname{tg} i$ est infiniment petit et par conséquent négligeable, à plus forte raison $(\operatorname{tg} i)^2$ est-il négligeable.

$$\rho = \frac{I}{V}. \qquad (6)$$

Ainsi le moment de stabilité initiale transversale est exprimé par :

$$P = (\rho - a) \sin i. \qquad (7)$$

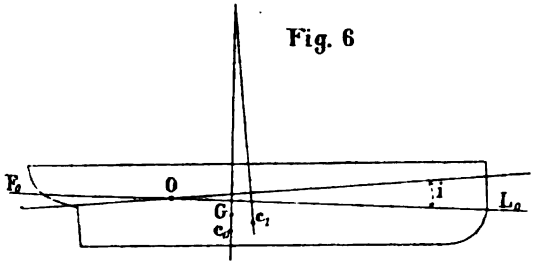
Ces deux relations montrent l'importance de la largeur sur la stabilité initiale transversale puisque ρ est proportionnel à I et que I est proportionnel aux cubes des ordonnées de la demi-flottaison.

Stabilité initiale longitudinale. — A l'aide d'une démonstration identique à celle qui précède, on démontre que le rayon métacentrique longitudinal ou grand rayon métacentrique.

$$R = \frac{J}{V}. \qquad (6\ bis)$$

V est encore le volume de la carène.

Fig. 6



J est le moment d'inertie de la flottaison par rapport à l'intersection de F_0L_0 et de F_1L_1, c'est-à-dire par rapport à une droite transversale passant par le centre de gravité de F_0L_0.

Le moment de stabilité initiale longitudinale est :

$$P\,(R - a)\,\sin i. \qquad (7\ bis)$$

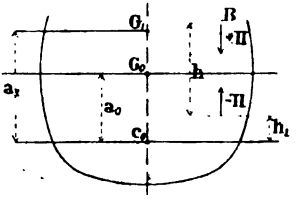
Effets produits sur la stabilité par la translation d'un poids.

Une translation quelconque peut se décomposer en trois :
1° Une translation verticale;
2° Une translation horizontale transversale;
3° Une translation horizontale longitudinale.
Il faut donc étudier ces trois cas.

1° Effet produit par la translation verticale d'un poids p.

Supposons qu'on transporte le poids π appliqué en A situé à une hauteur h_1 au-dessus de C_0 au point B situé sur la verticale du point A et à une hauteur h au-dessus de ce point.

Fig. 7



Le centre de gravité G situé à une hauteur a au-dessus de C_0 vient en G_1 situé à une hauteur a_1, au-dessus de C°.

La force P appliquée en G_1 est la résultante de la force P appliquée en G_0, de la force π appliquée en B, et de la force $(-\pi)$ appliquée en A.

En prenant les moments par rapport à un plan horizontal passant par C_0, on a :

$$P.a_1 = P.a + \pi(h_1 + h) - \pi h_1$$

$$P.a_1 = P.a + \pi h \qquad a_1 = a + \frac{\pi}{P}h.$$

On a donc pour valeur du moment de stabilité initiale transversale :

$$P(\rho - a_1) \sin i = P\left[\rho - a - \frac{\pi}{P}h\right] \sin i$$

$$P(\rho - a_1) \sin i = P[(\rho - a) - \pi h] \sin i. \qquad (8)$$

De même le moment de stabilité initiale longitudinale sera :

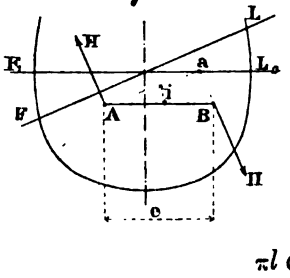
$$P(R - a_1) \sin i = P[(R - a) - \pi h] \sin i. \qquad (8\ bis)$$

La démonstration de ces formules pourrait encore se faire à l'aide de la considération suivante : le moment du couple de redressement $P(\rho - a)$ représente le travail qu'il faudrait effectuer pour monter le navire d'une hauteur $(\rho - a)$, c'est-à-dire pour amener le centre de gravité au métacentre; le travail πh effectué pour monter le poids π d'une hauteur h, étant une partie du travail $P(\rho - a)$ doit être retranché de ce dernier; ainsi le couple de redressement est évidemment égal à la différence de ces deux travaux, soit :

$$[P(\rho - a) - \pi h].$$

2° Effet produit par la translation horizontale transversale d'un poids p.

Fig. 8



Soit l la distance séparant les deux points A et B. Au lieu de transporter un poids π de A et B, on peut considérer que l'on applique la force π en B et que l'on applique en A une force $(-\pi)$ destinée à détruire la force π appliquée en A.

Il y a équilibre quand :

$$\pi l \cos i = P(\rho - a) \sin i$$

d'où

$$\operatorname{tg} i = \frac{\pi l}{P(\rho - a)}. \qquad (9)$$

3° Effet produit par la translation horizontale longitudinale d'un poids π.

On obtient par la même méthode que dans le cas précédent :

$$\operatorname{tg} i' = \frac{\pi l_1}{P(R - a)} \cdot \qquad (9\ bis)$$

Remarquons que si i avait une valeur finie, la formule (9) deviendrait évidemment :

$$\operatorname{tg} i = \frac{\pi l}{P(H - a)} \cdot \qquad (9\ ter)$$

Effet produit par l'addition de poids π sur un navire d'un déplacement P.

Nous supposerons d'abord que le centre de gravité des poids ajoutés est dans le plan longitudinal ; quant à la position du centre de gravité du poids π, elle est toujours facile à évaluer à l'aide d'un calcul de moments.

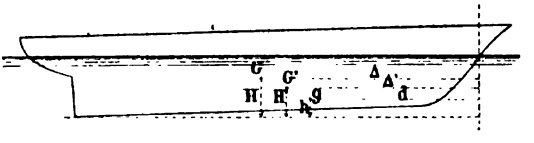
Le nouveau déplacement P′ du navire sera :

$$P' = P + \pi.$$

Soient C'_0, ρ' et R′ le centre de carène, le rayon métacentrique transversal et le centre de carène longitudinal correspondant à ce déplacement P′.

On détermine à l'aide d'un calcul de moments la position du nouveau centre de gravité G′.

Fig. 9



Si l'on nomme respectivement h, H′ et H les hauteurs au-dessus d'un plan horizontal arbitraire des centres de gravité g et G′ et de l'ancien centre de gravité G du navire, on a la relation :

$$(P + \pi)H' = PH + \pi h. \qquad (10)$$

d'où

$$H' = \frac{PH + \pi h}{P + \pi} \cdot \qquad (10\ bis)$$

Une fois que l'on a la position de G′, on connaît a', puisque l'on connaît déjà la position de C'_0.

On a ainsi pour valeur des nouveaux moments de stabilité initiale :

Suivant le sens transversal $(P + \pi)(\rho' - a')\sin i$ (11)

Suivant le sens longitudinal $(P + \pi)(R' - a')\sin i$ (11 *bis*)

Pour déterminer la position de G′ dans le plan horizontal situé à une distance H′ du plan horizontal arbitraire, on prend les moments par rapport à un plan vertical arbitraire perpendiculaire sur le plan longitudinal.

On a ainsi :

$$(P + \pi)\Delta' = P\Delta + \pi\xi \qquad (12)$$

d'où

$$\Delta' = \frac{P\Delta + \pi\xi}{P + \pi}. \qquad (12\ bis)$$

Connaissant la position de G′ et par suite la distance horizontale ξ_1, qui le sépare du centre de carène C_0, on peut évaluer le moment $(P + \pi)\xi_1$ qui tend à faire varier l'assiette du navire.

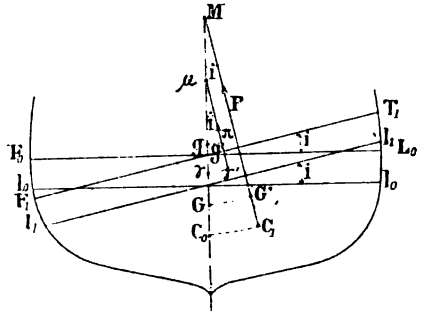
Si le point d'application g du poids additionnel π n'était pas dans le plan longitudinal de symétrie, on ferait le calcul pour le point déterminé par le pied de la perpendiculaire menée par g au plan longitudinal de symétrie.

Ensuite on déterminerait l'inclinaison produite par le déplacement du poids π de ce point au point g.

Métacentre différentiel.

Soit un navire dont la ligne de flottaison et le centre de carène sont respectivement F_0, L_0 et C_0.

Fig. 10



Soit $F_0\ L_0\ f_0\ l_0$, la tranche dont s'enfonce la carène sous l'action d'un poids additionnel π ajouté sur la verticale passant par C_0.

Désignons par γ_0 le centre de carène de cette tranche $F_0L_0f_0l_0$, par α la hauteur séparant le point d'application g du centre de gravité de π au point γ_0, et par ρ' le rayon métacentrique de la tranche $F_0L_0f_0l_0$.

Supposons maintenant que l'on fasse incliner le navire d'un angle i très petit sans faire varier le déplacement.

Les deux carènes limitées par F_0L_0 et F_1L_1 sont isocarènes.

Le redressement tend à se produire sous l'effet des moments des deux couples produits par les poussées P et π.

La valeur m du moment de redressement de la carène après l'addition du poids π est donnée par la relation.

Soient GG′ et gg' les perpendiculaires menées par G et g sur la direction des poussées P et π.

$$m = P \times GG' + \pi \times gg'$$

$$m = P(\rho - a) \sin i + \pi(\rho' - \alpha) \sin i. \qquad (13)$$

Le deuxième membre de cette équation exprime le nouveau moment de stabilité; il est de même forme que le moment du couple de stabilité avant l'addition du poids π, c'est-à-dire que $P(\rho - a) \sin i$.

En effet, dans le second terme de l'équation (13) on peut mettre $\sin i$ en facteur commun et effectuer les additions et les soustractions des produits des nombres qui représentent les poids et les lignes — nombres exprimés à l'aide du même système d'unités.

On obtient ainsi une nouvelle équation de la forme :

$$AB \sin i$$

identique à :

$$P(\rho - a) \sin i$$

dans laquelle on aurait effectué la soustraction des nombres représentant respectivement les grandeurs linéaires ρ et a.

De même, la variation :

$$\pi(\rho' - \alpha) \sin i$$

du moment du couple de stabilité due à l'addition du poids π est évidemment de même forme que :

$$P(\rho - a) \sin i$$

moment du couple de stabilité avant l'addition du poids π.

Elle peut se décomposer en un couple de stabilité de forme :

$$\pi\rho' \sin i$$

et un couple de stabilité de poids

$$-\pi\alpha \sin i.$$

Mais au point de vue pratique, la considération la plus importante est que le moment :

$$\pi(\rho' - \alpha) \sin \alpha$$

tend à produire un redressement,

si $\alpha < 0$

ou si $\rho' > \alpha > 0.$

Au contraire ce moment tend à produire un chavirement si :

$$\alpha > \rho .$$

C'est dire que l'effet produit sur la stabilité d'un navire par l'addition d'un poids π placé sur la verticale passant par le centre de carène C_0 dépend de la position relative du centre de gravité et du métacentre de la tranche immergée par suite de l'addition de ce poids : la stabilité augmente quand ce centre de gravité est au-dessous de ce métacentre ; elle diminue dans le cas contraire.

Si maintenant nous supposons que le poids additionnel π devienne assez petit pour que l'on puisse considérer la tranche immergée $F_0L_0f_0l_0$ comme tendant à se réduire au plan de flottaison, la relation précédente restera encore vraie à la limite puisqu'elle a été établie sans tenir compte de la hauteur de l'immersion causée par le poids additionnel π.

Pour une inclinaison finie, le point métacentrique de la tranche devient le *point métacentrique différentiel,* et pour une inclinaison infiniment petite.

Le métacentre μ se nomme alors le *métacentre différentiel.*

La position exacte du métacentre différentiel n'est pas aisée à déterminer. Mais l'on peut facilement trouver sa position approchée sur un navire.

Or, dans les environs de la maîtresse section, les formes d'un bâtiment sont à peu près cylindriques. D'autre part, c'est la portion du navire située près de la maîtresse section qui exerce le plus d'influence sur la stabilité transversale. On peut donc prendre comme position approchée du métacentre différentiel du navire le métacentre différentiel d'un cylindre droit ayant comme base la maîtresse section de ce navire.

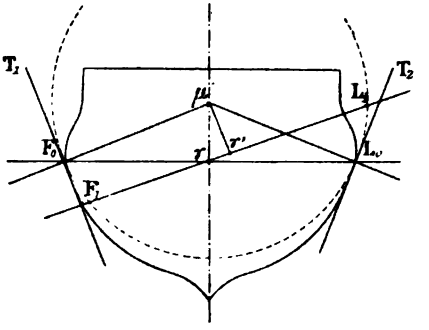
D'un autre côté, la théorie du métacentre montre que pour un déplacement donné le rayon métacentrique dépend uniquement de la forme de la flottaison.

On admet donc que l'on peut remplacer le cylindre droit, dont la base est maîtresse section, par un autre cylindre droit dont la

base est un cercle ayant mêmes plans tangents que le premier aux deux points où le plan de flottaison coupe le premier cylindre.

Afin de tracer ce cercle, il suffit de mener aux points F_0 et L_0 d'intersection de la carène avec le plan de flottaison, les tangentes F_0T_1 et L_0T_2 à la maîtresse section.

Fig. 11



Le point μ où se rencontrent les deux perpendiculaires $F_0\mu$ et $L_0\mu$ aux deux tangentes est le centre du cercle cherché. Si le navire est droit, c'est-à-dire s'il ne donne pas de bande, le point μ est sur le plan de symétrie longitudinal.

Il faut déterminer le métacentre différentiel du cylindre à base circulaire.

Le métacentre différentiel, par sa définition même, est la limite vers laquelle tend le métacentre d'une tranche de flottaison lorsque la hauteur de cette tranche tend vers zéro.

Pour une tranche donnée, et une inclinaison donnée, le point métacentrique est déterminé par l'intersection des normales à ces tranches appliquées au centre de carène des tranches, à condition que l'on n'ait pas fait varier le déplacement du navire pendant l'inclinaison, c'est-à-dire que les deux flottaisons du navire, avant et après l'inclinaison, soient isocarènes.

Lorsque l'épaisseur de la tranche tend vers zéro, la tranche tend vers un plan; mais la propriété étant constamment vraie pour une épaisseur quelconque est encore vraie à la limite quand cette épaisseur tend vers zéro.

Dans le cylindre à base circulaire, le point métacentrique différentiel pour une inclinaison quelconque est sur l'intersection des plans normaux menés par le milieu des plans des flottaisons isocarènes. Or, afin d'avoir des flottaisons isocarènes, il faut évidemment qu'il y ait constamment égalité des distances comprises entre les deux intersections de chaque plan avec la surface du cylindre.

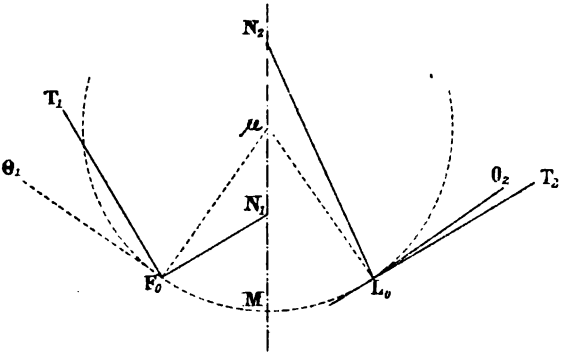
Le point métacentrique différentiel est donc constamment sur l'axe du cylindre, quel que soit l'angle d'inclinaison; et, par suite, le métacentre différentiel est, lui aussi, sur l'axe du cylindre.

Ainsi, pour avoir une position approchée du métacentre différentiel de la carène, il suffit de déterminer le point d'intersection des normales aux tangentes menées à la maîtresse section aux deux points où cette maîtresse section est rencontrée par la trace du plan de flottaison.

Lorsque le navire donne de la bande, c'est-à-dire est incliné sur un bord ou sur l'autre, les murailles ou bordé ne sont plus symétriquement disposées par rapport au plan longitudinal de symétrie.

La construction précédente n'est plus applicable en ce sens que les deux normales N_1F_0 et N_2L_0 aux deux tangentes F_0T_1 et L_0T_2 menées par les points F_0 et L_0 où la trace du plan de flottaison rencontre la maîtresse section ne se coupent plus sur la perpendiculaire $M\mu$ élevée au milieu M de la droite F_0L_0. On adopte alors la solution suivante : on prend le point μ, milieu de la droite N_1N_2, déterminée par les intersections de la perpendiculaire élevée à F_0L_0 par son milieu M et des normales F_0N_1, L_0N_2.

Fig. 12

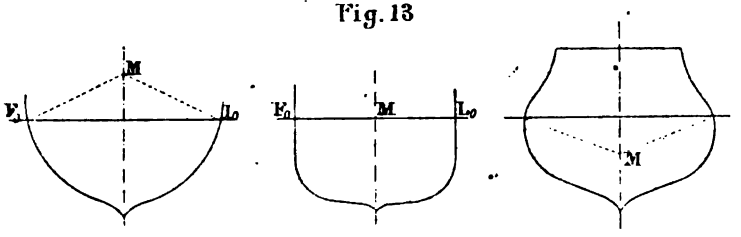


Cela revient évidemment à remplacer la carène ayant F_0T_1 et L_0T_2 comme plans tangents aux points F_0 et L_0 par une carène cylindrique à base cylindrique à base circulaire ayant $F_0\theta_1$ et $L_0\theta_2$ comme plans tangents.

La théorie du métacentre différentiel permet de tirer des conclusions très intéressantes de la considération des maîtresses sections des navires. L'addition d'un poids exerce sur la stabilité des effets très différents, suivant la position du métacentre différentiel, c'est-à-dire suivant la forme de la maîtresse section.

Les trois schémas ci-joints montrent combien peut varier la position du métacentre différentiel suivant la forme de la maîtresse section.

Fig. 13



Cette étude est surtout importante à faire pour les bâtiments de combat; elle met en lumière l'influence désastreuse que peuvent avoir, sur la stabilité, certaines avaries dans la tranche cellulaire d'un navire à œuvres-mortes rentrantes.

Poids mobile.

Quand un poids mobile est abandonné à lui-même, il faut distinguer deux cas :

1° Le poids se meut sur une section transversale d'une surface bombée ou horizontale.

Dans cette hypothèse, si l'on ne tient pas compte du frottement, quelque faible que soit la valeur de l'angle d'inclinaison i, le poids se déplace jusqu'à ce qu'un obstacle l'arrête.

Supposons que le poids π était d'abord dans le plan diamétral et s'arrête à une distance e de sa position primitive.

D'après ce que l'on a déjà vu (formule 9), il y a équilibre lorsque la relation :

$$\pi e \cos i = P (\rho - a) \sin i$$

sera satisfaite, si i peut être considéré comme très petit.

Si i a une valeur finie, l'équilibre aura lieu quand la relation :

$$\pi e \cos i = P (H - a) \sin i$$

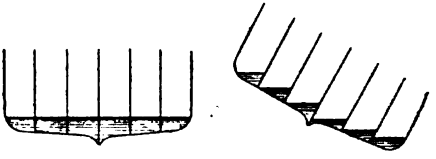
sera satisfaite.

Dans un navire, l'eau placée sur un pont plat ou bombé est absolument dans la même condition que le poids mobile considéré.

La simple inspection des figures ci-dessous montre le danger

Fig. 14
Navire non cloisonné

Fig. 15
Navire cloisonné

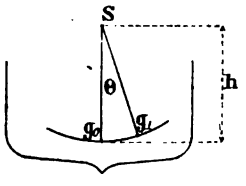


que cette eau peut faire courir au bâtiment et l'avantage que donne la subdivision des endroits où se trouve cette eau.

2° Le poids se meut sur une section transversale d'une surface dont la concavité est tournée en haut.

Le navire s'inclinant d'un angle i, le centre de gravité du poids p vient à l'aplomb du point le plus bas de la courbe ; en ce point, la tangente à la courbe est horizontale et la normale fait un angle i avec la normale au point de la surface à l'aplomb duquel se trouvait tout d'abord le centre de gravité du poids.

Fig. 16

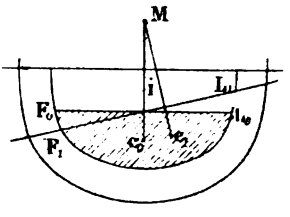


Soient g_0 et g_1 les deux positions du centre de gravité. Soit S le point de rencontre des deux normales à la courbe.

Le poids oscillant librement, on peut l'assimiler à un poids suspendu en S, situé à une hauteur h, au-dessus du centre de gravité du poids, dans sa position primitive.

Le fait de suspendre un poids oscillant librement autour du point S équivaut à le hisser en ce point ; par conséquent, le moment de redressement qui était $P(\rho - a)$ devient $P(\rho - a) - ph$, d'après ce qui a été précédemment établi.

Fig. 17



Le même calcul s'applique à de l'eau contenue dans l'intérieur d'un bâtiment ordinaire, par exemple, au-dessus d'un vaigre étanche formant double fond.

Le navire s'inclinant d'un angle i, le centre de gravité du liquide d'abord en C_0 vient en C_1.

Soit M le point de rencontre des normales aux deux flottaisons.

D'après ce qui précède, on peut considérer le poids p du liquide transporté de C_0 en M.

Mais C_0M est, d'après ce qui a été dit sur les rayons métacentriques, le rayon métacentrique transversal d'une carène occupant le volume qu'occupe l'eau.

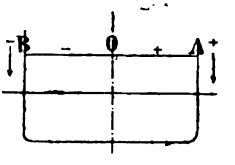
Soit ρ_0 ce rayon métacentrique.

Le moment de redressement sera non plus $P(\rho - a) \sin \theta$ mais $[P(\rho - a) - p\rho] \sin \theta$.

Un poids mobile a, en outre, une action sur les oscillations et plus particulièrement sur le roulis des navires.

Sans vouloir exposer ici la théorie du roulis, on peut mettre en évidence cette action du poids mobile en supposant qu'un poids mobile soit, sur le pont, dans le plan longitudinal du navire au point o. Affectons des signes + et — les rotations dans le sens et en sens inverse des aiguilles d'une montre. Donnons également les signes + et — aux déplacements sur le pont dans le sens OA et OB.

Fig. 18



Quand le navire s'inclinera, il effectuera une rotation dans le sens +, il est clair que tout déplacement de signe + du poids augmentera cette rotation, tandis que tout déplacement du signe — diminuerait cette rotation.

C'est en partant de ce principe que M. Thornycroft, l'éminent Ingénieur anglais, a construit un bâtiment ayant dans sa cale un poids dont le centre de gravité était mobile autour d'un axe vertical et qu'un dispositif mécanique automatique déplaçait en sens contraire des inclinaisons du bâtiment.

Expériences de stabilité.

Quelque grand que soit le soin apporté aux calculs, il est toujours bon de vérifier, par des expériences, les résultats des chiffres.

On place symétriquement par rapport à l'axe longitudinal de symétrie et à une distance e de cet axe, un certain poids π constitué par des sacs de sable, des saumons de plomb ou des gueuses de fonte.

On met le navire dans une position bien droite ; puis l'on relève les tirants d'eau à droite, à gauche, à l'avant et à l'arrière ; enfin, l'on installe un pendule dont le poids peut se mouvoir le long d'une règle graduée.

On transporte tous les poids du même bord. D'après ce qu'on a vu (9) que l'angle d'inclinaison était donné par la formule :

$$\operatorname{tg} i = \frac{\pi e}{(P+\pi)(\rho - a)},$$

dans laquelle ρ correspond à $(P+\pi)$.

Puis l'on transporte les poids sur l'autre bord.

On a une nouvelle valeur de tg i qui doit être sensiblement égale à la première.

On prend pour i la moyenne des valeurs données par les deux ou par un certain nombre pair d'opérations faites alternativement d'un bord et sur l'autre.

On a

$$\rho - a = \frac{\pi e}{(P+\pi)\operatorname{tg} i}$$

$$a = \rho - \frac{\pi e}{(P+\pi)\operatorname{tg} i}.$$

En pratique, on cherche à faire $i = 2°$ environ.

Alors

$$\operatorname{tg} 2° = \frac{\pi e}{(P+\pi)(\rho - a)}$$

on considère p négligeable dans le dénominateur

$$\operatorname{tg} 2° = \frac{\pi e}{P(\rho - a)}$$

d'où

$$\pi = \frac{P(\rho - a)\operatorname{tg} 2°}{e}$$

équation qui donne le poids mobile π.

Il est bien évident que dans ces expériences, il importe d'éviter avec le plus grand soin toute cause perturbatrice telle que poids mobile, emploi d'amarres, courants et vent.

Si, par suite de l'action du vent ou de courants, l'emploi d'amarres est absolument nécessaire, on essaie de les fixer aux points où elles produisent le couple perturbateur minimum, c'est-à-dire près de la flottaison à l'avant et à l'arrière.

Quant au vent, non seulement il a l'inconvénient d'obliger l'emploi d'amarres, mais son action sur les œuvres-mortes, les superstructures et la mâture, produit un couple perturbateur capable d'occasionner de graves erreurs.

Il faut donc apporter la plus grande attention à faire l'expérience dans les meilleures conditions possibles.

Stabilité du navire sous des angles d'inclinaison finis.

L'étude de la stabilité initiale, c'est-à-dire sous des angles d'inclinaison infiniment petits est tout à fait insuffisante pour se rendre compte de la sécurité qu'offre un bâtiment soumis à l'action des vagues ou avarié après un combat.

La stabilité initiale d'un navire peut être considérable et pourtant n'offrir qu'une garantie illusoire si la stabilité, sous des angles finis, diminue rapidement au fur et à mesure que les angles d'inclinaison augmentent; et inversement un bâtiment peut être dans d'excellentes conditions de sécurité avec une stabilité initiale faible et une stabilité sous des angles finis qui soit telle qu'elle augmente avec les angles d'inclinaison.

Comme l'inclinaison longitudinale est généralement assez peu considérable pour que l'on puisse admettre qu'elle s'effectue sous des angles infiniment petits, on ne s'occupera que de la stabilité transversale.

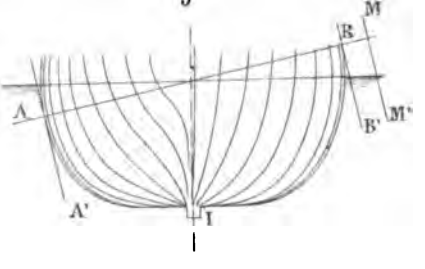
Calcul de la stabilité d'un navire sous des angles d'inclinaison finis.

Il y a plusieurs méthodes de calcul de la stabilité des navires sous des angles d'inclinaison finis.

Mais nous n'en donnerons qu'une, la méthode Doyère; l'exposé en est tiré de l'ouvrage de M. Doyère, *Cours pratique de construction navale*.

« Soit, en projection sur le vertical du plan des formes, AB la flottaison oblique qui limite la carène considérée.

Fig. 19



» Menons, perpendiculairement à AB, deux plans tangents à la carène, ou du moins passant par ses points le plus à droite et le plus à gauche.

» Entre ces plans extrêmes, intercalons n plans parallèles équidistants, numérotés de 1 à n, mais tels que si h est l'équidistance de ces plans, les plans 1

et n soient à une distance égale seulement à $\frac{h}{2}$ des plans AA′ et BB′.

» Relevons dans chacune de ces sections les ordonnées des couples, comptées à partir de la flottaison AB. Il est clair que si nous appelons Y_k la somme des ordonnées relevées dans la section inclinée d'ordre K, en affectant du coefficient $\frac{1}{2}$ les deux ordonnées extrêmes, l'aire de cette section est représentée par λY_k (λ étant l'équidistance des couples du plan des formes).

» Par suite, le volume de la carène est évidemment :

$$V = h\lambda(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \ldots + Y_{n-1} + Y_n),$$

ou, en posant :

$$S = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + \ldots + Y_{n-1} + Y_n),$$

$$V = h\lambda S. \qquad (1)$$

» Cherchons le moment de ce volume par rapport à un plan des moments MM′ parallèle aux sections obliques et situé à une distance $\frac{h}{2}$ de la section BB′ en dehors de la carène.

» Le cylindre élémentaire de hauteur h, qui correspond à la section d'ordre K, a pour volume $h\lambda Y_k$.

» La distance de son centre de gravité au plan des moments est Kh. Donc son moment, par rapport à ce plan, est $h^2\lambda KY_k$ et le moment total de la carène est :

$$M = h^2\lambda(1Y_1 + 2Y_2 + 3Y_3 + \ldots + (n-1)Y_{n-1} + nY_n)$$

ou en posant,

$$\Sigma = 1Y_1 + 2Y_2 + 3Y_3 + \ldots + (n-1)Y_{n-1} + nY_n,$$

$$M = h^2\lambda\Sigma.$$

» On tire de là la valeur de la distance du centre de carène au plan des moments :

$$\xi = \frac{M}{V}$$

ou

$$\xi = h\frac{\Sigma}{S} \qquad (2)$$

et, par suite, la distance Δ du fond de carène I à la verticale de la poussée :

$$\Delta = d - \xi \qquad (3)$$

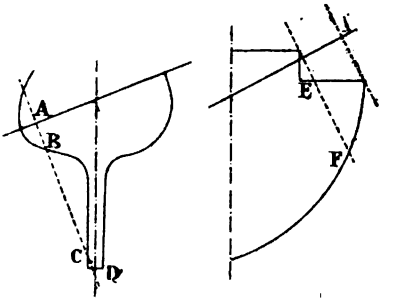
en appelant d la distance du fond de carène au plan des moments.

On voit que la détermination des éléments intéressants d'une carène inclinée est tout ce qu'il y a de plus simple. On n'a à effectuer que des sommes d'ordonnées et les produits de ces sommes par les facteurs 1, 2, 3, ..., n. Mais pas de carrés d'ordonnées, pas de cubes, pas de formules où entre l'emploi des lignes trigonométriques.

» Le relevé des ordonnées s'effectue, comme à l'ordinaire, sur le vertical du plan des formes, ou mieux, lorsqu'on veut faire des déterminations avec plus de précision, sur un vertical à plus grande échelle (5 *cm* par mètre par exemple) que l'on exécute d'après le relevé du tracé à la salle.

» En général, une section oblique ne rencontre chaque couple qu'en un point. Il arrive cependant que les couples de l'extrême avant et de l'extrême arrière, ou bien ceux qui présentent des formes discontinues sont coupés en deux ou plusieurs points par la même section : tel est, par exemple, le cas des deux couples représentés par la figure 20. L'ordonnée correspondante est alors la partie de la trace de la section qui se trouve comprise à l'intérieur du couple, c'est-à-dire $(\overline{AB} + \overline{CD})$ dans le premier cas, $\overline{EF}$ dans le second. Ce sont ces quantités que l'on inscrira dans les tableaux, en ayant soin de les distinguer d'une façon spéciale, en les soulignant, par exemple, afin de rappeler qu'elles correspondent à des ordonnées que nous appellerons *singulières*. Nous verrons tout à l'heure la raison de cette distinction. Ces ordonnées sont, d'ailleurs, en général, très peu nombreuses.

Fig. 20



» Pour relever les ordonnées, il serait commode de tracer deux verticaux complets, un pour l'avant, l'autre pour l'arrière, au lieu de deux demi-verticaux juxtaposés. Mais ce n'est nullement indispensable, et, en reproduisant le réseau des sections obliques dans deux positions symétriques par rapport au plan diamétral du navire, on arrive à faire très correctement les relevés en s'aidant d'une feuille de papier à calquer sur laquelle on reproduit le contour des couples que l'on soupçonne ne pouvoir être rencontrés en deux ou plusieurs points par une même section et en appliquant ce calque dans la position voulue sur le vertical.

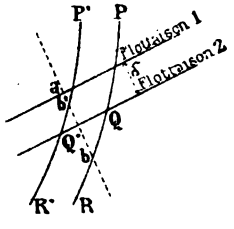
» Pour que les calculs présentent un caractère suffisant d'approximation, il faut que l'équidistance h des sections obliques ne soit pas trop grande, étant donné surtout que, dans cette méthode comme dans les autres, on ne fera pas, en général, de corrections d'aboutissement. Il paraît devoir suffire de prendre dans tous les cas n égal à 20.

» *Calculs relatifs à une station correspondant à une inclinaison* θ. — Il s'agit maintenant de passer du calcul d'une carène inclinée unique à la détermination d'une station complète correspondant à une inclinaison donnée θ, de façon à pouvoir trouver les éléments de la stabilité pour les isocarènes d'un certain nombre de déplacements différents.

» Pour cela, ayant tracé une flottaison n° 1 ayant l'inclinaison θ et limitant sûrement un volume supérieur au volume maximum que l'on aura à considérer, on trace, au-dessous de cette flottaison 1, des flottaisons 2, 3, 4 ..., parallèles et équidistantes : leur équidistance δ est absolument arbitraire, mais ne doit cependant pas devenir trop grande, sous peine de nuire à la précision des interpolations. En général on s'arrangera, s'il est possible, de façon que les flottaisons obliques 1 et 3 comprennent entre elles toute la tranche intéressante; on pourra cependant ajouter une quatrième et une cinquième flottaison, si on le juge utile. Il y a avantage, ainsi qu'on le verra ci-dessous, *à choisir pour* δ *un nombre rond*, par exemple 0,50 *m* ou 1 *m*, suivant la grandeur du navire pour lequel on opère.

» Les flottaisons inclinées étant tracées, ainsi que le réseau des sections obliques perpendiculaires à ces flottaisons, on relève les ordonnées de la carène 1 et l'on fait les calculs relatifs à cette carène, comme il a été dit ci-dessus.

Fig. 21



» Mais s'il fallait recommencer les mêmes relevés et les mêmes calculs pour les carènes 2, 3, 4 ..., les opérations deviendraient très longues. Heureusement les remarques suivantes permettent de déduire très rapidement les éléments des carènes 2, 3, 4 ..., de ceux de la carène 1.

» Soient les flottaisons inclinées 1 et 2 (*fig. 21*). Considérons une des sections obliques. Pour un couple tel que PQR dont l'ordonnée *ab* correspondant à la carène 1 est plus grande que δ, l'ordonnée dans

cette même section, pour la carène 2 sera évidemment $ab - \delta$.

» Pour un couple tel que P'Q'R' dont l'ordonnée ab' correspondant à la carène 1 est plus petite que δ, l'ordonnée pour cette même section dans la carène 2 sera nulle.

» De la seule inspection du tableau des ordonnées de la carène 1, on déduit donc la valeur des ordonnées de la carène 2; il n'y a d'exception que pour les ordonnées singulières pour lesquelles il faudra relever directement la quantité dont elles diminuent quand on passe de la carène 1 à la carène 2. Mais, comme elles sont peu nombreuses, la complication est peu sensible.

» Voici donc pratiquement comment on passera de la carène 1 à la carène 2.

» Pour chaque colonne correspondant aux diverses sections obliques :

» 1° On comptera le nombre n des ordonnées non singulières plus grandes que δ (1) et l'on fera le produit $n\delta$. C'est pour faciliter le calcul de ce produit qu'il est intéressant de prendre pour δ un nombre rond, comme nous l'avons dit ci-dessus;

» 2° On fera la somme p des ordonnées non singulières plus petites que δ;

» 3° On relèvera sur le plan la réduction C à opérer sur les ordonnées singulières.

» On fera la somme $y = n\delta + p + C$.

» Il est évident que, si l'on pose

$$s_2 = y_1 + y_2 + \ldots + y_k + \ldots + y_{n-1} + y_n$$

et $$\sigma_2 = 1y_1 + 2y_2 + \ldots + Ky_k + \ldots + (n-1)y_{n-1} + ny_n,$$

on aura $$S_2 = S_1 - s_2$$

et $$\Sigma_2 = \Sigma_1 - \sigma_2,$$

valeurs de S_2 et de Σ_2, d'où l'on déduira le V_2 et le Δ_2 correspondant à la carène 2.

» On passera de la carène 1 à la carène 3 de la même façon, mais en remplaçant δ par 2δ.

» De même on passera de la carène 1 à la carène 4, mais en remplaçant δ par 3δ et ainsi de suite.

» *Détermination des conditions de la stabilité pour les isocarènes d'un déplacement donné.* — On fera de la sorte une série de stations

(1) En comptant comme une demi-ordonnée seulement celles qui correspondent aux lignes PP avant et PP arrière.

correspondant aux inclinaisons de 10°, 20°, 30°, 40°, ... Puis, pour déterminer les hauteurs métacentriques et les bras de levier de redressement successifs correspondant à ces inclinaisons pour les isocarènes d'un volume donné, égal à V_0, on procédera, à la façon ordinaire, au moyen de courbes d'interpolation, dont le tracé très simple s'exécutera comme il suit :

» *Courbes d'interpolation.* — On portera en abscisses les valeurs de V relatives pour chaque inclinaison θ aux carènes limitées par les flottaisons obliques 1, 2, 3, 4, ... Sur les ordonnées correspondant à ces abscisses, on portera les valeurs corrélatives de Δ, puis on joindra par des courbes continues les points relatifs à une même valeur de θ.

» On aura ainsi un faisceau de courbes.

» Si l'on prend maintenant sur l'axe des volumes une abscisse égale à V_0 et si l'on mène l'ordonnée correspondante, l'intersection de cette ordonnée avec les diverses courbes donnera les valeurs de Δ correspondant au volume V_0 et aux inclinaisons successives $\theta = 10°$, $\theta = 20°$, $\theta = 30°$.

» Une fois Δ connu pour des valeurs données de V_0 et de θ, on a la hauteur métacentrique correspondante par la formule

$$H = \frac{\Delta}{\sin \theta} - C_0,$$

dans laquelle C_0 représente la hauteur, au-dessus du fond de carène, du centre de la carène droite de volume égal à V_0.

» Le bras de levier X du couple de stabilité de formes est de même donné par la formule

$$X = \Delta - c_0 \sin \theta,$$

et le bras de levier b du couple total de stabilité ou *bras de levier de redressement* par la formule

$$b = \Delta - g \sin \theta,$$

dans laquelle g est la hauteur, au-dessus du fond de carène, du centre de gravité correspondant à l'état de chargement considéré.

» Il peut être intéressant de connaître la profondeur de carène à laquelle correspond chacune des flottaisons isocarènes de V_0. Pour cela, on tracera pour chaque station, sur les mêmes abscisses que ci-dessus, une courbe ayant pour ordonnées les profondeurs de carène relatives aux flottaisons obliques 1, 2, 3, 4, ... de cette

station. Il suffira ensuite de prendre l'intersection de ces courbes avec l'ordonnée correspondant à l'abscisse V_0 pour avoir les profondeurs de carène cherchées. »

Étude de la stabilité des navires par la méthode des petits modèles, méthode Bertin (1).

Cette méthode a été imaginée en 1866, par M. Bertin et appliquée par lui, en 1872 à l'étude d'un croiseur à tranche cellulaire, puis ensuite à l'étude de plusieurs autres bâtiments.

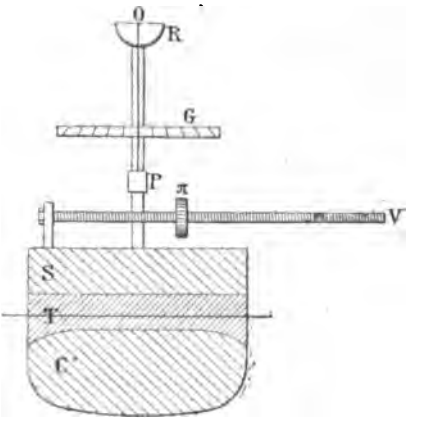
Elle est beaucoup plus simple que les méthodes par le calcul, surtout dans le cas où l'on suppose un ou plusieurs compartiments cellulaires ou compartiments étanches d'un navire envahis par l'eau par suite d'un boulet arrivant à la flottaison ou d'un coup d'éperon ou de torpille.

Expériences.

On construit un modèle en bois à l'échelle des plans du navire ou du projet dont l'on veut étudier la stabilité.

Le modèle est constitué par trois parties fixées ensemble à l'aide de vis et qui représentent respectivement la carène C, la tranche cellulaire T, et les œuvres-mortes ou superstructures S.

Fig. 22



Afin d'éviter que l'eau de mer n'imbibe et n'augmente le poids du modèle, on peint les trois parties et l'on met du suif sur les joints avant de les assembler avec tout le soin possible.

On ménage dans C et surtout dans T des cavités correspondant aux compartiments que l'on supposera remplis d'eau. Ces cavités sont remplies par des blocs de bois mobiles et ajustés avec beaucoup de précision.

(1) Pour la description de cette méthode, nous nous sommes servis du travail de M. Bertin, lu à la « Society of Naval Architects and Marine Engineers », en 1894, et de la note de M. Lefleuve, Ingénieur de la Marine, publiée sur le même sujet.

On fixe sur le modèle une vis V perpendiculaire au plan longitudinal de symétrie et sur laquelle peut se déplacer un disque mobile π.

On fixe un pendule P dont les inclinaisons peuvent être lues à l'aide d'un rapporteur R et d'une règle graduée G.

En évidant le modèle, puis en le lestant convenablement à l'aide de feuilles de plomb, on amène le modèle dans les mêmes lignes d'eau que le navire, c'est-à-dire à avoir le poids qu'aurait un navire de mêmes dimensions.

Mais on construit le modèle aussi stable que possible — beaucoup plus stable que le navire.

En effet, cette méthode permet de déterminer la stabilité du navire sans tenir compte de celle du modèle; d'un autre côté il y a avantage pratique à reculer, aussi loin que possible, l'angle de chavirement, c'est-à-dire l'instant où l'équilibre étant devenu instable, les expériences deviennent matériellement plus difficiles à conduire.

Détermination des divers éléments de la stabilité d'un navire non avarié.

Le modèle étant placé dans une cuve d'eau de mer on cherche, par tâtonnements, à mettre le disque mobile π dans une position telle que le pendule soit au zéro de la graduation.

Cette position sera dès lors considérée comme l'origine des déplacements du disque sur la vis.

On déplace ensuite le disque mobile π de façon à obtenir une succession d'angles d'inclinaisons i croissants 1°, 2°, 3°, 5°, 10°.

On a vu (formules 9 et 9 *ter*) que pour chaque position on a la relation :

$$P\,(h - \alpha)\sin i = \pi e \cos i.$$

Les quantités π, e et i sont constamment connues dans cette relation.

On peut donc construire la courbe M des moments de redressement $P\,(h - \alpha)\sin i$ du modèle.

En outre, la formule :

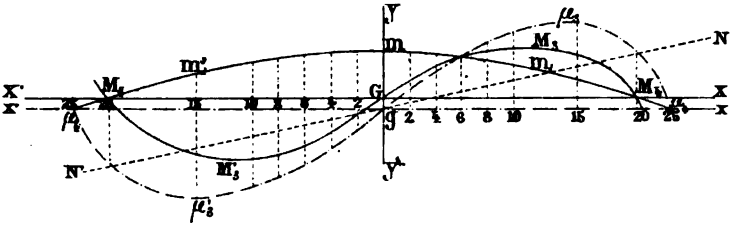
$$h - \alpha = \frac{\pi e}{P \operatorname{tg} i},$$

permet de construire la courbe m des hauteurs métacentriques $(h - \alpha)$ du modèle.

On trace cette courbe qui coupe normalement l'axe des y en m.

$$gm = \rho - \alpha.$$

Fig. 23



Or, ρ qui est égal à $\frac{I}{V}$ est le même pour le modèle que pour le navire. On connaît donc ρ et par suite α est connu puisqu'il est égal à $\rho - gm$.

D'ailleurs, on connaît la position du centre de gravité du navire, c'est-à-dire a.

Comme nous avons supposé le modèle plus stable que le navire, α est forcément plus petit que a.

Soit : $$h = a - \alpha.$$

Nous cherchons à construire la courbe $P(h - a) \sin i$ des moments de redressement du navire remplaçons a par sa valeur $b + \alpha$.

$$P(h - a) \sin i = P(h - (b + \alpha)) \sin i = P(h - \alpha) \sin i - Pb \sin i.$$

Or : $$P(h - \alpha) \sin i = \pi e \cos i.$$

Donc : $$P(h - a) \sin i = \pi e \cos i - Pb \sin i.$$

On construit la courbe $Pb \sin i$; soit N cette courbe. On retranche les ordonnées de celles de $\pi e \cos i$. On obtient ainsi la courbe $P(h - a) \sin i$ des moments de redressement du navire ; soit M cette courbe.

On porte les ordonnées de M à partir d'un axe XX′ mené parallèlement à l'ancien à une distance $gG = b$.

Les nouvelles abscisses de la courbe mm' seront donc :

$$h - \alpha - b\ h - \alpha - (a - \alpha) = h - a.$$

Ainsi la courbe mm' considérée avec XX′ comme axe des abscisses représente la courbe des hauteurs métacentriques du bâtiment.

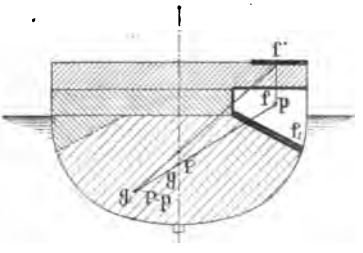
Stabilité d'un navire avarié.

Pour représenter une avarie, on enlève le bloc correspondant de poids p.

Pour ne pas modifier le poids P du modèle, on met une feuille de plomb à la place du bloc.

Si l'on place cette feuille de plomb de façon que son centre de gravité du modèle coïncide exactement avec celui du bloc, le centre de gravité du modèle ne change pas de position.

Fig. 24



Mais des considérations purement pratiques de l'expérience peuvent pousser à mettre la feuille de plomb de façon que son centre de gravité ne coïncide pas avec celui du bloc mais soit seulement sur la même verticale. Alors, il faut corriger la valeur de b d'une certaine quantité.

On voit sur la figure que si le centre de gravité est en f' l'on aura :

$$gg' = ff' \times \frac{p}{P}.$$

Ainsi l'on a : $$h' = h - aa' \times \frac{p}{P}.$$

Supposons que le centre de gravité de la feuille de plomb coïncide avec celui du bloc de bois.

On met ensuite le modèle dans une cuve d'eau de mer; puis l'on déplace le disque de façon à l'amener à la position pour laquelle le modèle non avarié se maintenait droit.

Le modèle s'incline et le pendule marque la bande d'équilibre correspondant à une avarie déterminée.

On déplace le disque vers le point où la vis est fixée sur le modèle jusqu'à ce que le modèle soit redressé. On obtient ainsi le moment négatif M_1.

On construit par rapport à l'axe XX' la courbe des moments $M = \pi e \cos i$.

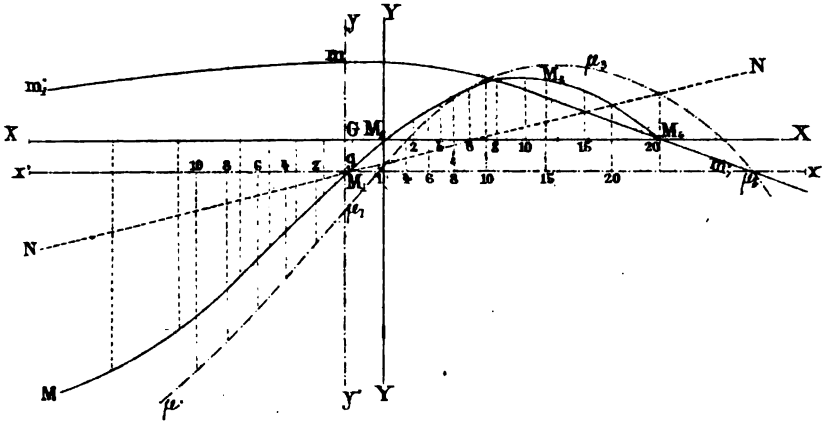
Puis la courbe $N = Pb \sin i$.

On prend $gG = b$ et l'on mène le nouvel axe des abscisses XX'

par rapport auquel on trace la courbe des moments de redressement du navire.

$$M = \pi e \cos i - Pb \sin i.$$

Fig. 25



On est ainsi ramené au cas précédent.

Les courbes M et N donnent, par différence, la courbe M.

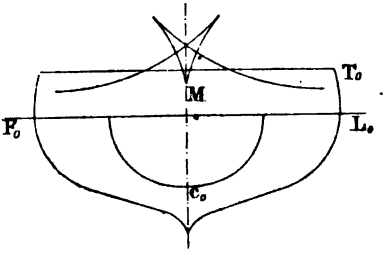
On a ainsi les valeurs absolues des couples d'inclinaison en fonction des angles d'inclinaison i à condition de prendre comme origine la position du navire pour laquelle la ligne des centres de gravité gG est verticale et la vis horizontale.

Développée métacentrique.

L'étude de la stabilité du navire, sous des angles finis, conduit à chercher le lieu géométrique des métacentres.

D'après la définition donnée pour le métacentre, il résulte que ce point peut être considéré comme le rayon de courbure à l'origine de la courbe des positions du centre de carène.

Fig. 26



Ainsi, le lieu géométrique des métacentres est la développée de la courbe des positions du centre de carène; c'est la *développée métacentrique*.

Dans un navire symétrique dans le sens transversal, la développée métacentrique est symé-

trique par rapport à cet axe; de plus, à l'origine, elle est tangente à cet axe. L'origine est donc un point de rehaussement de première espèce.

La forme de la développée métacentrique varie évidemment avec les formes de la maîtresse section. Les branches sont ascendantes ou descendantes; suivant que le rayon de courbure de la courbe des positions du centre de carène augmente ou diminue au fur et à mesure que l'inclinaison augmente.

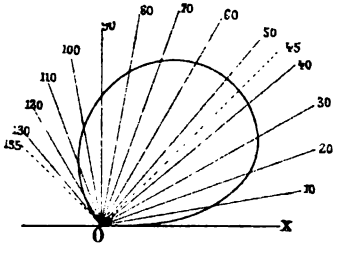
Sur la très grande majorité des navires, les branches de la développée métacentrique sont d'abord ascendantes puis descendantes.

Courbe de stabilité statique.

Supposons, qu'à l'aide d'une méthode quelconque, l'on ait obtenu pour un certain nombre de valeurs finies de i les valeurs de $(H - a) \sin i$, bras de levier du couple de redressement $P(H - a) \sin i$.

La courbe des bras de levier de redressement $(H - a) \sin i$ peut être tracée en coordonnées polaires, ce qui donne la courbe dite en cœur de feuille.

Fig.27

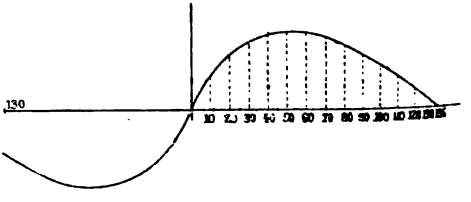


Supposons que $(H - a) \sin i$ devienne nul pour $i = 135°$, on aura un tracé analogue à la figure ci-contre.

L'angle de redressement nul ou de chavirement est 135°.

On peut donc encore prendre sur un système de coordonnées rectangulaires les angles comme abscisses et les valeurs de $(H - a) \sin i$, bras de levier du couple de redressement, comme ordonnées correspondantes.

Fig.28



Si le navire est symétrique, la courbe passe par l'origine; pour avoir un tracé continu, on affecte du signe + ou du signe — les moments suivant leur sens.

L'angle de redressement nul ou de chavirement est de 135°.

Afin de déterminer la tangente à l'origine de cette courbe, il suffit de remarquer que, pour une inclinaison très petite, le bras de levier du couple de redressement est égal à $(\rho - a) \sin i$.

i étant très petit, on peut admettre que $\sin i = \text{arc } i$.

Le bras de levier sera égal à $(\rho - a)$ arc i.

Si l'on pouvait constamment confondre l'arc et le sinus, la courbe des bras de levier serait une droite passant par l'origine, puisqu'elle serait proportionnelle à son abscisse. Mais comme on ne peut faire cette substitution de l'arc au sinus que pour des valeurs très petites de i, cette droite se confond avec la tangente à l'origine.

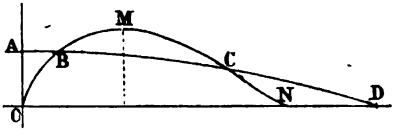
Pour la tracer, il suffit d'en connaître un point et de prendre $\theta = 57°18'$, valeur de l'angle pour laquelle l'arc correspondant est égal à l'unité. Il suffira donc d'élever une ordonnée égale à $(\rho - a)$ à l'abscisse correspondant à $\theta = 57°18'$.

Une fois que l'on a la courbe des bras de levier $(H - a) \sin i$, il suffit de multiplier par le déplacement P les valeurs des bras de levier pour avoir les valeurs correspondantes des couples de redressement.

L'étude de la courbe des valeurs de $P(H - a) \sin i$ permet de se rendre compte de la stabilité d'un bâtiment et du danger de chavirement que peut occasionner tel ou tel couple de chavirement.

Supposons que, sur les figures ci-dessous, les courbes OMN et ABCD représentent respectivement, pour les différentes valeurs de l'angle d'inclinaison i, les moments des couples de redressement et la courbe des moments des couples de chavirement.

Fig. 29



Il y a évidemment chavirement chaque fois que les ordonnées de OMN sont plus petites que les ordonnées correspondantes de

Fig. 29bis

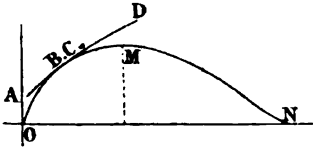
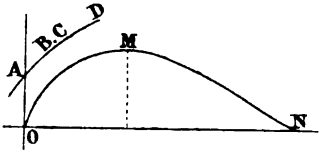


Fig. 30

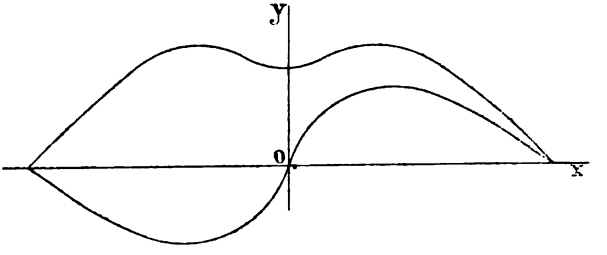


ABCD pour les valeurs de l'angle i dépassant celles correspondant à l'intersection des deux courbes.

On voit donc que le danger de chavirement augmente avec le rapprochement des points d'intersection des courbes, et qu'il y a sûrement chavirement quand les deux courbes sont tangentes — *a fortiori* si ABCD est au-dessus de OMN.

Pour étudier plus complètement les éléments de la stabilité statique, on adjoint souvent à la courbe des valeurs de $P(H - a) \sin . i$ la courbe des valeurs des hauteurs métacentriques de $(H - a)$; cette dernière est symétrique par rapport à oy si le navire est lui-même symétrique.

Fig. 31



Ces deux courbes coupent naturellement l'axe des abscisses aux points correspondants aux angles de redressement nul.

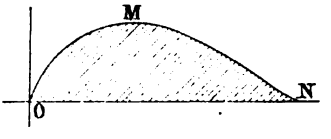
Stabilité dynamique.

En partant d'une position d'équilibre stable, on peut prendre comme mesure de la stabilité d'un navire, le travail minimum nécessaire pour amener ce navire à un angle tel que ce navire tende à gagner une autre position d'équilibre stable, c'est-à-dire que le navire chavire.

C'est la *stabilité dynamique*.

Elle est évidemment égale au travail que le couple de redressement développe pendant que le navire s'incline, depuis sa position d'équilibre stable jusqu'à son angle de chavirement.

Fig. 32



On voit immédiatement que le travail est représenté par l'aire OMN comprise entre l'axe des x et la courbe de stabilité statique.

Si l'on représente par h_0 et h_1 les hauteurs du centre de gravité au-dessus d'un plan horizontal, par T le travail des forces produisant l'inclinaison, par θ le travail des

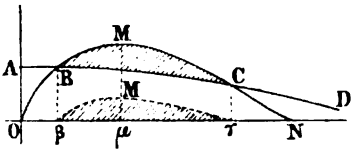
résistances passives, v_0 et v les vitesses des divers points du navire au début et à la fin de la période considérée, le théorème des forces vives donne la relation :

$$T = \frac{1}{2}\Sigma m v^2 - \frac{1}{2}\Sigma m v_0^2 + P(h - h_0) + \theta. \qquad (13)$$

Relation qui montre l'importance des quilles à roulis pour la stabilité, puisque ces quilles à roulis augmentent beaucoup θ.

Si l'on suppose que le navire est soumis à l'influence d'une force représentée par une courbe ABCD, la réserve de *stabilité dynamique*, c'est-à-dire le travail qu'il faudrait effectuer — en plus du travail effectué par la force ABCD — pour faire chavirer le navire est représenté par l'aire de BMC ou de l'aire $\beta\mu\gamma$ comprise entre l'axe ON et une courbe ayant pour ordonnées les différences des ordonnées des courbes OMN et ABCD. La courbe de stabilité du navire se trouve réduite ainsi à la courbe $\beta\mu\gamma$.

Fig. 33

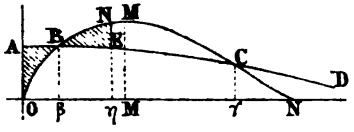


Il est évident que la sécurité du navire exige que l'aire BMC soit considérable, c'est-à-dire que le point M soit bien au-dessus de la ligne ABCD et que les points B et C soient éloignés les uns des autres.

Ces conditions avaient déjà été déduites de la courbe de stabilité statique.

Mais la notion de stabilité dynamique permet de déterminer une autre condition de sécurité : le navire prend une certaine vitesse lorsqu'il s'incline; au moment où il atteint l'angle correspondant au premier point d'intersection de la courbe ABCD avec la courbe OMN, sa vitesse est déterminée par la condition que la somme des demi-forces vives des divers points du navire soit égale à l'excès du travail moteur sur le travail résistant, c'est-à-dire au triangle mixtiligne OAB, excès du trapèze mixtiligne ABβO sur le triangle mixtiligne OBβ.

Fig. 34



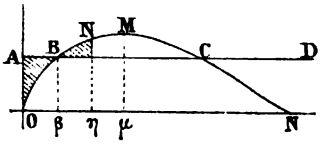
En vertu de la vitesse acquise, le navire s'inclinera jusqu'à un angle tel que l'aire BNE = aire OAB. Puis il reviendra en arrière, et les oscillations diminueront peu à peu, grâce à la résistance et au frottement de l'eau.

Pour que le navire ne chavire pas, il faut évidemment que l'aire OAB soit plus petite que l'aire BMC.

Ainsi est mis en lumière le danger qui peut résulter pour un bâtiment d'une action perturbatrice sur sa stabilité, telle qu'un coup de barre, alors même qu'au premier abord il semblerait, en considérant seulement la stabilité statique, que cette action perturbatrice fût insuffisante pour provoquer une catastrophe.

En pratique on se préoccupe surtout de connaître la limite de stabilité dynamique, c'est-à-dire le minimum du couple de chavirement pour lequel l'aire AOB = aire BMC'.

Fig. 35

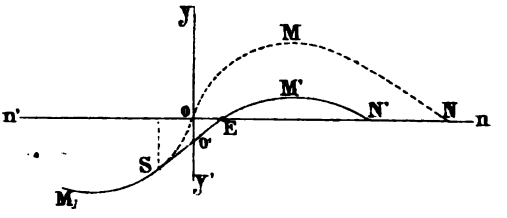


On représente généralement ce couple par la mesure Oβ de l'angle correspondant au point de rencontre des deux courbes.

Ces considérations sont encore plus importantes pour un navire avarié que pour un navire intact.

Si un navire reçoit une avarie dans sa tranche cellulaire, la flottaison n'est plus symétrique : le navire reste en équilibre avec une certaine inclinaison OE, qu'on appelle *bande d'équilibre*.

Fig. 36

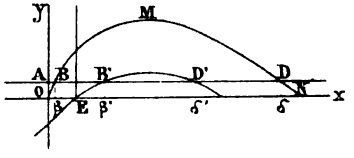


La nouvelle courbe des moments de redressement sera SO' EM' N', Elle sera au-dessous de OMN du côté avarié.

Du côté intact elle rejoint la courbe primitive M_1 OMN pour un point S correspondant à une inclinaison telle que le compartiment avarié sorte de l'eau.

Si maintenant l'on suppose qu'un couple constant agisse sur le navire et tende à le faire chavirer, on peut facilement comparer les angles d'inclinaison $o\beta$ et $o\beta'$ résultant de l'action de ce couple sur le navire intact et le navire avarié.

Fig. 37



On peut ainsi étudier la réserve de stabilité dynamique en partant de la bande d'équilibre OE.

Stabilité d'un navire sous-marin immergé au ras de l'eau.

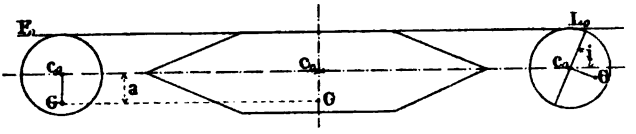
Il est clair qu'en pratique l'étude de la stabilité n'est à faire que pour des angles $< 180°$, puisque le navire se remplit et sombre pour une inclinaison bien inférieure à cet angle d'inclinaison.

D'ailleurs les bâtiments tels qu'on les construit généralement — surtout les bâtiments de combat — ont non seulement une position normale d'équilibre, mais ont, en outre, une autre position d'équilibre au delà de l'inclinaison jusqu'à laquelle ils peuvent aller en ayant encore un moment de redressement tendant à leur faire reprendre leur position normale ; pour cette autre position d'équilibre, le navire se remplit et coule.

Pourtant, on conçoit qu'il est possible de construire un bâtiment — un sous-marin, par exemple — tel que ce bâtiment étant abandonné dans une position quelconque tende à reprendre sa position normale.

Soit un bateau sous-marin en forme de bureau à sections circulaires ; supposons-le constitué par un cylindre compris entre deux cônes égaux.

Fig. 38



Le centre de carène C_0 sera au milieu de l'axe, quelle que soit l'inclinaison autour de l'axe longitudinal. Le centre de gravité G est sur la même perpendiculaire que le centre de gravité C_0. Il y a équilibre stable quand G est au-dessous de C_0 ; quand G est au-dessus il y a équilibre instable. Pour toute autre position il existe un couple qui tend à ramener G au-dessous de C_0.

Le moment du couple de redressement est d'une façon générale représenté par la formule $P(\rho - a) \sin i$ qui, dans ce cas particulier se réduit à $(- Pa \sin i)$ puisque ρ est constamment nul.

Or, en se reportant à la convention faite sur le signe de a on voit que $a < o$. Donc $(- Pa)$ est > 0.

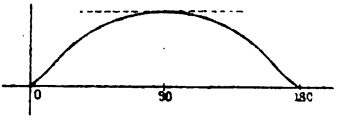
Pour toute valeur de i comprise entre 0° et 180°, $\sin i > 0$ et

$(-Pa \sin i) > 0$, la rotation reste dans le même sens positif, c'est-à-dire, d'après les conventions faites, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Quand i devient compris entre 180° et 360°, sin i devient $< o$; comme $(-Pa)$ reste toujours $> o$, cela signifie que la rotation change de sens.

C'est ce que montre la simple inspection de la figure. Mais le moment du couple $(-Pa \sin i)$ est toujours un couple de redressement.

Fig. 39



D'une façon générale, le couple de redressement est constamment égal au moment du poids ou déplacement, pris par rapport au plan vertical passant par l'axe longitudinal du navire.

La courbe des moments de redressement atteindra son maximum pour $i = 90°$.

CHAPITRE II

ARSENAUX ET ORGANISATION DE LA MARINE JAPONAISE

Lorsque je débarquai à Yokohama, en juin 1889, après avoir traversé la mer intérieure et fait escale à Kobé, les Japonais s'occupaient surtout d'organiser une armée comprenant trois corps, c'est-à-dire un effectif de guerre de cent mille hommes environ : ils estimaient qu'avec cette force leur pays qui, grâce à sa fertilité et au labeur intelligent de ses agriculteurs, nourrit sa population ne saurait être sérieusement entamé par un ennemi maître de la mer.

Le Japon s'intéressait donc beaucoup aux progrès journaliers que faisait l'armée. Au contraire, il ne paraissait attacher qu'une très médiocre importance à la flotte ; les chambres accordaient de mauvaise grâce les crédits nécessaires à la marine. Il fallait toute l'obstination de quelques hommes éclairés, et en particulier du Mikado, pour imposer au pays la création d'une flotte destinée à former un puissant élément de défense du pays et à constituer son principal moyen d'expansion et de conquête.

D'ailleurs, la marine japonaise était encore à l'état embryonnaire ; elle était en pleine formation.

C'est vers 1885 que le Mikado et ses conseillers résolurent de doter leur patrie d'escadres suffisantes pour imposer le respect à une nation européenne ou américaine, et surtout pour vaincre la Chine dans le prochain conflit déjà jugé inévitable.

A cette époque les forces maritimes appartenant à « l'empire du Soleil Levant » n'était pas supérieures, du moins comme nombre, à celles du « Fils du Ciel ». Elles ne comprenaient guère que deux bons croiseurs — le *Naniwa* et le *Takatchiho* — deux médiocres cuirassés — le *Fuso* et le *Hiyei* — et quelques bâtiments d'une valeur militaire à peu près nulle.

Le Japon s'adressa à la France pour trouver un Ingénieur capable de construire une flotte relativement puissante eu égard aux ressources du pays alors très faibles. Dans cette occasion il fit un choix heureux : il demanda à la France M. Bertin, aujourd'hui Directeur des constructions navales de la marine française, et dont les travaux sur les navires à tranche cellulaire avaient attiré l'attention de tous les gens compétents.

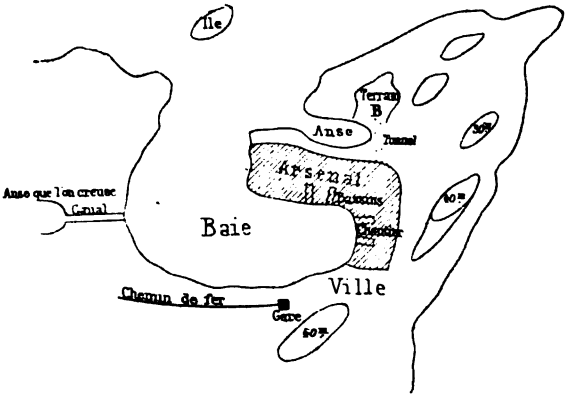
C'est bien certainement à cet éminent Ingénieur que les Japonais sont en grande partie redevables de leurs éclatants succès maritimes : en effet, pendant son séjour au Japon, de février 1880 à février 1890, M. Bertin, alliant une grande hardiesse de conception au soin et à la prudence de l'exécution, inventa, de toutes pièces, des types de navires absolument nouveaux et que l'expérience a prouvé avoir été parfaitement conçus et exécutés en vue de la guerre que le gouvernement mikadonal préparait déjà avec patience et ténacité.

Pendant mon voyage au Japon, j'ai pris des notes sur les arsenaux que je visitai très en détail, et sur les navires que M. Bertin construisait. Ces notes sont inédites et je suis heureux que la Société des Ingénieurs Civils de France en ait la primeur.

« Yakoshika est situé au sud de Yokohama, vers l'entrée du grand golfe au nord duquel est Tokio.

» L'arsenal est lui-même situé au fond d'une baie profonde en-

Fig. 40



tourée de collines argileuses aux pentes roides et recouvertes de verdure; par une bizarrerie de la nature, cette baie est creusée dans un promontoir faisant saillie dans le golfe de Yokohama, de sorte que l'arsenal est tout près de la mer, non seulement au nord-est où se trouve l'entrée de la baie, mais encore à l'est et au sud.

» L'eau est profonde tout près de terre, et les bâtiments de guerre qui voudraient attaquer l'arsenal auraient de larges espaces ouverts pour évoluer à toute vitesse, à un ou deux kilomètres des chantiers et des bassins, sans passer par-dessus des lignes de

torpilles fixes. On peut donc dire que la situation est assez faible au point de vue de la défense.

» Il faut pourtant ajouter que l'attaque par les feux rasants ne serait pas très facile, à cause des collines très abruptes qui entourent presque partout les constructions et qui même « cloisonnent » pour ainsi dire l'arsenal de telle sorte que l'on communique d'une anse à l'autre par un tunnel creusé dans une de ces collines.

» Comme les flottes modernes ne portent guère que de longs canons à grande vitesse initiale et à trajectoire plate, Yakoshika pourrait être à peu près défendu contre une escadre de navires de combat, à condition de mettre sur les sommets des collines quelques bonnes batteries qui auraient un commandement de 30 à 40 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

» Quant à défendre la place contre une flottille de bombardes armées de mortiers rayés, il n'y faut pas songer.

» Le plus grand danger pour l'arsenal provient actuellement de la proximité de la ville bâtie en bois — comme toutes les villes japonaises — et qui flamberait comme un paquet d'allumettes au moindre bombardement. Si le vent venait du sud, les flammèches iraient sur l'arsenal, parce que les collines au sud de la ville ne sont pas assez hautes pour empêcher ce vent du sud de se faire sentir.

» A mon avis, le commandant de Yakoshika, à la première menace, à la première apparition d'une escadre ennemie dans les eaux japonaises devra faire brûler la ville un jour où le vent viendrait du nord.

» Il est impossible, par un simple croquis de donner une idée de Yakoshika parce que les collines qui entourent et découpent d'une façon bizarre et irrégulière le terrain plat sur lequel sont bâtis et la ville et l'arsenal, ne se rattachent pas à une chaîne de hauteurs continue que l'on puisse esquisser.

» Toute cette partie du Japon ressemble à la surface d'un liquide en ébullition que l'on aurait brusquement figé.

» Les collines de Yakoshika et des environs ont des pentes très abruptes — jusqu'à 70° environ avec l'horizontale.

» Le terrain est formé par une argile très solide et sur laquelle l'eau glisse sans dégrader les pentes.

» On voit souvent des chemins de montagnes taillés en gradins et, chose remarquable, ces escaliers résistent longtemps à l'action de la marche des piétons et des pluies pourtant abondantes au Japon.

» Quand l'on veut gagner du terrain au pied d'une de ces collines, on se contente de couper le sol suivant la verticale et de déblayer; quelquefois même l'on donne du fruit *par-dessus* le terrain ainsi conquis ce qui fait que l'on éprouve d'abord un sentiment de malaise lorsqu'on pénètre dans une bâtisse quelconque située contre ce mur en glaise qui a toujours l'air de vouloir vous écraser.

» Cette terre se laisse facilement travailler à la pioche. Le tunnel qui réunit les deux baies de Yakoshika a été fait sans grands frais, et le soutènement rudimentaire en forme de V renversé n'est en réalité qu'un abri contre les chutes toujours possibles de blocs de glaise, et non un soutien pour les terres; si jamais un éboulement se produisait, les boisements ne tiendraient pas.

» La ligne de chemin de fer qui va de Yokohama à Yakoshika traverse des tunnels que l'on a facilement exécutés, mais que l'on a prudemment voûtés, ce qui est une bonne précaution contre les tremblements de terre très fréquents au Japon.

» Pour en revenir à l'arsenal, on peut dire qu'il a contre lui trois grands défauts :

» 1° L'exiguité du terrain plat disponible qui fait que la ville est trop près de l'arsenal et qu'il paraît difficile de faire un établissement comptant plus de 3.500 ouvriers.

» 2° Manque d'eau douce en grande quantité, ce qui rend à peu près impossible l'établissement de fonderies et d'usines pour travailler les grosses pièces. Yakoshika ne peut être qu'un atelier d'assemblage et rien de plus.

» 3° Difficulté de défendre la place contre les feux directs, et impossibilité de la défendre contre les feux courbes.

» En outre, l'air manque souvent dans la baie très encaissée; mais ceci est un inconvénient que les Européens ressentent beaucoup plus que les indigènes.

» L'arsenal a pour lui sa proximité de Yokohama et de Tokio ainsi que l'excellent mouillage que donnent ses baies profondes où les grands bâtiments peuvent venir à toucher terre.

» On peut également ajouter que, grâce aux collines à pic qui entourent partout la ville et les chantiers, Yakoshika se trouve, pour la défense, dans une situation qui n'est certes pas plus mauvaise que beaucoup d'arsenaux européens.

» L'établissement fondé en 1868 par des Français comprend des cales, des bassins et des ateliers divers : ajustage, chaudronnerie, etc.

» D'une façon générale, on peut dire que c'est bien tenu, sans pourtant approcher des grands établissements de France et d'Angleterre que j'ai déjà visités.

» La disposition des ateliers ou plutôt le plan général n'offre rien de particulier, si ce n'est que l'on est assez gêné par le manque de place pour qu'il soit impossible de disposer, suivant le mode rationnel et préconçu, les diverses catégories de travaux à exécuter.

» Il en résulte des « fausses manœuvres » : par rapport au bateau auquel elles doivent finalement arriver, les pièces que l'on travaille ont souvent à revenir en arrière de l'atelier d'où elles sortent.

» C'est un inconvénient sérieux, en cas de presse surtout.

» Les ouvriers paraissent assez travailleurs; ils font à peu près tout ce que font les bons ouvriers d'Europe; ils sont remarquables dans la menuiserie et dans certains petits travaux au marteau.

» Le point faible est jusqu'ici la grande construction en fer, vu que les Japonais manquent encore de pratique dans cette spécialité, nouvelle pour eux.

» Dans les constructions navales comme dans la marine elle-même, le plus grave reproche que l'on puisse, jusqu'à présent, faire aux Japonais, c'est de manquer d'esprit de suite.

» C'est ainsi que l'arsenal, fondé par des Français, n'a pas toujours été dirigé suivant les idées françaises qui avaient présidé à sa fondation.

» De même pour l'artillerie; après 1870, les Japonais ont cru que l'artillerie de Krupp était la meilleure; ensuite, voyant les Anglais adopter le système français, ils se sont adressés à Armstrong dont ils ne paraissent pas très satisfaits et qu'ils trouvent très cher.

» Enfin, depuis l'arrivée de M. Bertin, ils se fournissent en France, aux Forges et Chantiers.

» La marine japonaise offre plusieurs types; voici quelques détails sur quelques-uns des bâtiments en service et en construction.

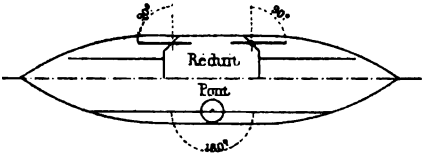
» 1° Un cuirassé de 2e rang construit en Angleterre sur les plans de Reed.

» C'est un petit *Redoutable*, c'est-à-dire un bâtiment à ceinture et à réduit.

» Dans le réduit, il y a quatre pièces aux sabords d'angles.

» Au-dessus du réduit, deux pièces en tourelles barbettes peuvent tirer en chasse et en retraite directe avec un champ de tir de 180°. Le champ de tir des pièces des réduits est de 90° environ.

Fig. 41



» Ce navire est mâté.

» 2° Deux bâtiments du genre *Esmeralda*, construit en Angleterre, chez Armstrong.

» Ce type est fort connu :

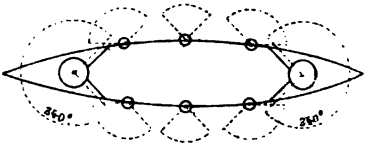
» 1 grosse pièce de 26 *cm* en chasse et dans l'axe;
» 1 — — en retraite.

» Ces deux gros canons ont de grands champs de tir, 240°.

» 6 canons de 15 *cm* à tribord et à bâbord; sur ces six pièces, deux tirent en chasse et en retraite directe, et trois par le travers.

» L'armement est puissant et bien disposé. Quant à la protection, elle est nulle, ce qui fait que ce type n'est pas à recommander.

Fig. 42



» Les canons peuvent être démontés par un canon-revolver; les soutes et les machines sont sous un pont blindé qui n'offre qu'une protection illusoire, car ce pont est situé au-dessus de la flottaison, est très fortement courbé et est très mince.

» Pour qu'un pont ainsi disposé eût une valeur réelle, il devrait avoir 10 ou 12 *cm*; tel qu'il est, ce n'est qu'un petit pare-éclats et rien de plus.

» 3° Les trois bateaux que fait construire M. Bertin; deux à la Seyne, un à Yakoshika.

» Comme ces bateaux sont tout à fait neufs — ils ne sont même pas lancés — et sont construits sur des plans tout à fait nouveaux, ils méritent une description détaillée et une discussion des idées qui ont présidé à leur création.

» Quand M. Bertin est arrivé au Japon, les autorités navales de ce pays voulaient consacrer une vingtaine de millions pour construire un ou plusieurs navires destinés à défendre les côtes et les îles de l'empire du Soleil-Levant.

» L'Amirauté japonaise paraissait prise du désir de « faire

grand ». Elle voulait un *Duilio* japonais armé de pièces de 100 *tx*. Cette idée n'était pas bonne pour plusieurs raisons.

» En effet, si les navires de 10 000 à 12 000 *tx* paraissent actuellement indispensables aux grandes marines pour faire face à toutes les éventualités, tenir la mer, pouvoir combattre par tous les temps, et aller au loin soutenir les intérêts nationaux, le Japon, par contre, aurait tort de se lancer dans les grandes constructions : d'abord ses ressources financières ne lui permettent pas de fortes dépenses; ensuite, le rôle de la marine japonaise est nettement déterminé.

» Tout le monde, au Japon, sait que la marine du Mikado n'aura jamais à combattre à une grande distance de ses bases d'opérations.

» L'éventualité la plus probable est une guerre avec la Chine dont les côtes ne sont pas loin des arsenaux et des ports japonais. Il est à peu près sûr que les Chinois n'auront pas de longtemps une escadre capable de lutter sérieusement au large contre l'escadre japonaise. Cette dernière aura donc à bombarder et à attaquer les villes du littoral de la Chine. Pour une telle œuvre de destruction, il ne faut pas avoir de gros bâtiments à fort tirant d'eau.

» Si la guerre venait à éclater entre le Japon et une grande puissance maritime européenne ou entre le Japon et les États-Unis d'Amérique, la marine japonaise devrait borner son ambition à défendre tant bien que mal les côtes du pays, et à harasser les assaillants par de brusques retours offensifs et par des attaques de nuit.

» L'armée de terre, qui sera bientôt de trois corps, serait alors le vrai rempart de l'indépendance du pays : la grande île de Nippon, avec sa population d'une trentaine de millions d'âmes serait presque impossible à conquérir. Quant à une guerre purement maritime, elle n'aurait point une action décisive sur l'existence du pays, parce que le Japon nourrissant ses habitants, un blocus lui fera du mal mais ne l'étouffera pas.

» Là encore, le besoin d'avoir de grands bâtiments ne se fait pas impérieusement sentir; il vaut mieux avoir des navires à tirant d'eau moyen et très maniables et disposer d'un plus grand nombre de torpilles et d'éperons dans la mêlée qui résultera presque fatalement d'une vigoureuse sortie, surtout si elle faite pendant la nuit.

» En outre, les côtes du Japon sont très découpées, et il y a beaucoup d'écueils dans un grand nombre d'endroits; c'est une

raison de plus pour ne pas consacrer 20 millions à une machine de guerre qu'un faux coup de barre peut perdre. Il ne faut pas perdre de vue que le personnel japonais, dont la formation remonte à peine à quelques années ne sauraient avoir l'expérience et l'habileté des grandes puissances maritimes européennes.

» Rendons justice aux autorités japonaises : elles ne sont pas restées sourdes aux conseils sages et pleins de bon sens que leur donnait M. Bertin.

» L'idée de continuer un *Duilio* fut abandonnée; on résolut de mettre en chantier trois navires de 4 277 *tx* chacun afin de pouvoir remplir le rôle offensif ou défensif que peut être appelée à jouer la marine japonaise.

» Ces trois bâtiments doivent réaliser 17 nœuds au tirage forcé et porter chacun un approvisionnement de charbon suffisant pour opérer dans les mers de Chine.

» L'armement se compose de :

» 1 canon de 320 *mm* de 40 calibres pesant 65 *tx* et perçant toutes les cuirasses actuelles;

» 11 canons de 120 *mm;*

» 12 canons de 120 *mm* pour le bâtiment dont le canon est à l'arrière;

» Plusieurs canons à tir rapide de Hotchkiss.

» Le canon de 320 *mm* est dans une tourelle barbette blindée à 300 *mm* et reposant sur un tube cuirassé à 200 *mm*.

» Un masque fermé pour protéger les servants contre la petite artillerie tourne avec la pièce.

» L'appareil hydraulique de chargement du système Canet permet de charger la pièce dans toutes les positions.

» La petite artillerie n'est pas protégée. Le commandant est, je crois, très légèrement protégé.

» Les deux machines horizontales qui actionnent chacune une hélice et qui sont séparées par une cloison transversale; les chaudières; les soutes; le gouvernail, etc; sont protégés par un pont de 40 *mm* situé à 0,80 *m* au-dessous de la flottaison.

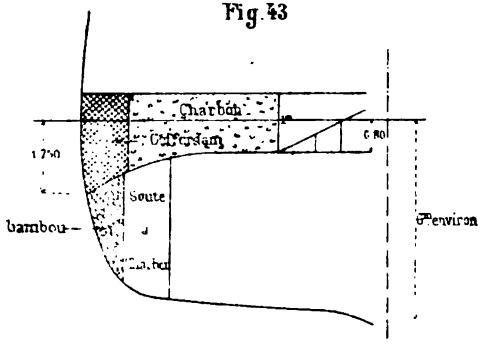
» Ce pont se raccorde au bordé à 1,750 *m* au-dessous de la flottaison; il s'infléchit donc un peu avant d'arriver au bordé.

» Les panneaux ont, de plus, un glacis incliné cuirassé à 20 *mm*

» La flottaison est protégée par un cofferdam bourré de cellulose (1) et ayant environ 800 *mm* d'épaisseur.

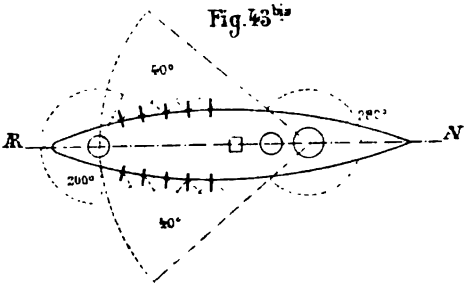
» Par le travers des machines, on a disposé des bambous sur une épaisseur de 600 *mm* comme protection contre les torpilles.

Fig. 43



» Sur deux de ces bâtiments le gros canon est à l'avant et la batterie des petites pièces à l'arrière.

Fig. 43bis



» Sur le troisième, c'est la disposition inverse qui existe, le

(1) La cellulose est extraite de l'écorce du fruit du cocotier qui donne deux espèces de matières bien distinctes.

La première se compose de fibres, filaments, ou filasses.

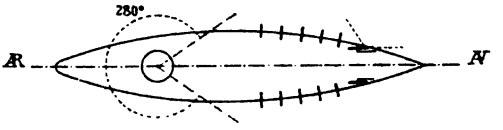
La seconde provient de la moelle qui sert d'agglomérant aux fibres; on lui réserve généralement le nom de cellulose.

Le remplissage des cofferdams est formé par un mélange de ces deux matières prises respectivement dans le rapport de 1 à 15; ce mélange est tassé jusqu'à ce que sa densité par rapport à l'eau soit 0,120.

Ce mélange jouit de la propriété de se gonfler lorsqu'il vient à être mouillé. Un projectile de rupture pénétrant sous la flottaison dans un cofferdam bourré de cellulose détermine une brèche par laquelle l'eau entre : cette eau imbibe la cellulose qui se gonfle et bouche la brèche. Mais il faut, pour cela, que le diamètre du trou fait par le projectile ne soit pas trop considérable par rapport à l'épaisseur du cofferdam, sans quoi la brusque irruption de l'eau peut tout enlever; d'ailleurs, l'on conçoit que le gonflement ait des limites et qu'un faible volume de matière ne puisse boucher une grande ouverture.

gros canon est à l'arrière; on a voulu avoir ainsi une meilleure tenue à la mer.

Fig. 44



» Le gros canon a, dans les trois navires, un très grand champ de tir, 280° environ.

» Comme le bâtiment n'est pas très long — 90 *m* environ — l'embordée nécessaire pour découvrir un but caché par la superstructure ne durera que quelques secondes « le temps de fermer » la culasse du gros canon », disait M. Bertin. On espère tirer un coup toutes les cinq minutes.

» Il y a 4 tubes lance-torpilles.

» 1 à l'avant; 1 à l'arrière; 1 de chaque bord; tous ces tubes au-dessus de l'eau n'ont aucune protection.

» Comme particularité défectueuse, il faut signaler le fait que le gouvernail n'est pas aussi bien protégé que les machines parce que le pont cuirassé est bombé à cet endroit et se rapproche de la flottaison afin de donner plus de place pour loger la tête du gouvernail et la barre.

» Sur le bâtiment à gros canon avant, la pièce de 120 *mm* de l'arrière est en barbette et a un grand champ de tir; les dix autres pièces de 120 *mm* sont dans une batterie et tirent à travers des sabords. Sur le navire à gros canon arrière, les deux pièces de 120 *mm* de l'avant peuvent tirer en chasse directe.

» Le prix de revient d'un de ces bâtiments sera d'environ 6 millions.

» Pour la somme que coûtent ces trois navires, on peut avoir un cuirassé de 10 000 à 11 000 *tx* portant quatre pièces de 64 *tx*, un *Rodney* ou un *Marceau*, par exemple, et ayant la même vitesse. Qu'est-ce qui vaut mieux?

TABLEAU COMPARATIF.

3 CANONNIÈRES DE 4 277 *tx*	1 CUIRASSÉ DE 11 000 *tx*
3 canons de 64 *tx* dans 3 tourelles protégées à 300 *mm*.	4 canons de 64 *tx* dans 4 tourelles protégées à 400 *mm*.
33 pièces de 120 *mm* non protégées.	Une douzaine de pièces de 150 *mm* peut-être protégées à 100 ou 150 *mm*.
Une trentaine de « Hotchkiss ».	Une vingtaine de « Hotchkiss ».
3 torpilles en chasse.	2 torpilles en chasse.
3 torpilles en retraite.	2 torpilles en retraite.
3 torpilles de chaque bord.	2 torpilles de chaque bord.
3 éperons très manœuvrant.	1 éperon moins manœuvrant.
17,5 nœuds par beau temps.	Plus de 17,5 nœuds.
Cette vitesse tombe quand il y a de la mer.	Cette vitesse tombe peu ou moins quand il y a de la mer.
Approvisionnement de charbon faible.	Approvisionnement de charbon plus considérable.
Protection de la flottaison faible ; bonne seulement contre les boulets de rupture.	Protection de la flottaison considérable; bonne contre les explosifs et contre les boulets de rupture.
6 machines horizontales.	2 machines horizontales, peut-être à pilon.
3 commandants protégés contre les « Hotchkiss ».	1 commandant protégé contre les pièces de 120 *mm*.
Équipages : 3 × 300, soit 900 hommes.	Équipages : 450 ou 500 hommes.

» Je crois que 1 bateau de 11 000 *tx* se battant de jour contre 3 de 4277 *tx* aura probablement l'avantage ; je crois également qu'une escadre de 8 bateaux de 11 000 *tx* se battant contre 24 bateaux de 4277 *tx* aura un grand avantage de jour. Mais, par contre, je pense que l'escadre composée de gros bâtiments sera écrasée si le combat a lieu de nuit, parce que les 24 croiseurs auront l'avantage au combat rapproché par le choc et la torpille — et ce combat rapproché me paraît impossible à éviter pour une escadre un peu nombreuse, où les vitesses des unités ne sont pas les mêmes.

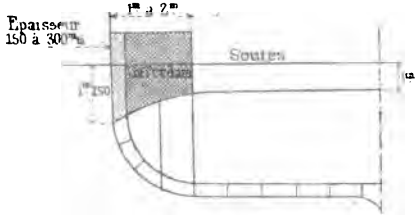
» Le combat en retraite très admissible et souvent très bon dans un duel de bâtiments, comme dans un duel d'individus, me semble aussi souvent impossible pour une escadre que pour une armée avec cette différence qu'une armée peut se battre sur place, tandis qu'une escadre ne le peut pas.

» J'ajouterai que le plus grave reproche que l'on puisse faire à ces canonnières est d'avoir leur flottaison à la merci des obus à explosifs; mais il faut remarquer que le système Bertin — pont cuirassé sous l'eau et cofferdam — donne une meilleure protection contre les obus de rupture que la ceinture cuirassée de nos bâtiments et que la mélinite n'existait pas quand les plans de ces bateaux furent faits.

» M. Bertin paraît croire que l'avenir est aux deux systèmes combinés.

» Il faudra avoir un pont cuirassé sous l'eau; une cuirasse de 150 a 300 *mm* contre les explosifs; un cofferdam pour boucher les plaies faites dans la cuirasse de 200 *mm* par les obus de rupture.

Fig. 45



» Cette cuirasse de 150 à 300 *mm* devrait être en métal compound et non en acier pour ne pas se fendre.

» La cuirasse des tourelles de 400 *mm* sera en acier, afin d'arrêter à tout prix les obus de rupture de la petite artillerie.

» Il faudra aussi protéger la petite artillerie qui sera moins nombreuse qu'actuellement, le commandant, et ceux des affûts de torpilles situés au-dessus de l'eau par des cuirasses de 150 à 300 *mm* suffisantes pour les explosifs et pour les obus de rupture de la petite artillerie à tir rapide, car il ne faut pas oublier qu'on

fait actuellement un canon de 47 *mm* qui tire 100 coups à la minute et un canon de 150 qui tire 7 coups à la minute.

» De tels outils ne sont plus des canons, ce sont des seringues à obus, me disait M. Bertin, et la seringue est le plus précis de tous les instruments de tir, parce qu'on règle son tir continuellement.

» Toutes ces protections se traduisent par une augmentation de poids, ou par une diminution de la grosse artillerie, si l'on conserve le même déplacement.

» Il ressort également de tout cela que les Italiens ont commis une erreur en construisant des navires de 14 000 *tx* coûtant 25 à 30 millions, non protégés à la flottaison contre les explosifs.

» Les nouveaux cuirassés anglais de 14 000 *tx* seront fortement protégés à la flottaison.

» Il faut pourtant ajouter que l'on arrivera à faire des obus à grande capacité et à explosifs traversant les cuirasses; mais ceci n'est pas réalisé et quand bien même y arriverait-on, la valeur de la cuirasse subsistera toujours contre l'artillerie moyenne contre « les seringues à obus », contre les projectiles de rupture arrivant obliquement, c'est-à-dire contre 8 projectiles sur 10.

» Enfin, les obus à explosifs que l'on construira pour percer les cuirasses contiendront, à poids égal, moins d'explosifs que les obus en tôle mince, et feront par suite moins de dégâts.

» Il faut remarquer que l'on a disposé des bambous parallèlement au bordé, par le travers des machines pour protéger ces machines contre les coups de torpilles.

» C'est une idée absolument nouvelle éclose à Yakoshika; elle résulte de deux expériences faites dans cet arsenal sur deux modèles de double coque et deux charges de 25 *kg* de fulmi-coton — 25 *kg* étaient la charge de Whitehead à l'époque où l'expérience fut faite.

» La première de ces coques fut laissée telle quelle; la deuxième fut disposée avec un remplissage de bambous de 400 *mm* dont la densité par rapport à l'eau est de 0,40 (?) ou 0,2 (?).

» La première coque fut enfoncée; la deuxième eut le premier bordé broyé, mais le deuxième bordé ne souffrit pas; le bambou avait été complètement détruit ou plutôt réduit en filaments semblables à du chanvre.

» C'est à la suite de ce remarquable résultat que l'on dispose une épaisseur de 600 *mm* remplie de bambous sur les navires japonais.

» A ce sujet, je dirai en passant qu'il paraît que l'on n'a pas même voulu essayer la chose en France, malgré les insistances réitérées de la mission française.

» Cette négligence est profondément regrettable, parce que l'expérience n'est ni longue, ni difficile, ni coûteuse. »

Indépendamment de l'arsenal de Yakoshika, j'ai également visité l'arsenal de Kobé, situé sur la mer intérieure, où l'on construisait une quinzaine de torpilleurs.

Il faut aussi mentionner les arsenaux d'Osaka et de Nagasaki.

L'arsenal d'Osaka, ou pour mieux dire, l'établissement militaire est destiné à la construction des canons, à la confection des projectiles, etc.

Il est entouré d'une muraille avec fossé et défendu par le fameux et légendaire château *Castillo* d'Osaka, construit, si l'on s'en rapporte aux traditions, il y a 400 ans, sur les ordres de Hideyoski, l'empereur du Japon à cette époque et jugé inexpugnable jusqu'à ce que les progrès de l'artillerie soient venus bouleverser l'art des fortifications.

L'arsenal n'emploie pas un seul ouvrier européen ; tous ceux qui y travaillent, depuis l'Ingénieur en chef jusqu'au dernier apprenti, sont japonais ; mais nombre d'entre eux ont passé par les ateliers européens.

Mentionnons enfin l'atelier de Nagasaki :

Cet atelier appartient à une Compagnie privée ; il est formé de deux parties reliées téléphoniquement, séparées par des dépôts de charbon utilisés par les navires de commerce ; il est destiné plus spécialement à la marine marchande et n'a pas l'ampleur des précédents, mais il ne s'y trouve non plus aucun ouvrier européen. Pas un Ingénieur, un mécanicien, un employé qui ne soit japonais.

L'arsenal de Nagasaki dispose d'une cale sèche qui est le plus bel ouvrage de l'établissement : sa longueur est de 128 *m*, sa largeur de 27 *m* et, en vives eaux, elle cale 8,10 *m*. Elle peut être remplie néanmoins en 20 minutes.

On peut ajouter que, depuis leurs dernières victoires, les Japonais veulent, dit-on, remanier complètement leurs arsenaux, peut-être même en modifier l'emplacement.

Dans ce cas, il n'est pas impossible, que Simonosaki, grâce à sa situation stratégique, soit choisi comme l'un des arsenaux futurs.

Mais rien de positif ne semble encore décidé.

Pour terminer ces quelques aperçus sur la marine japonaise moderne, nous donnerons le budget de la marine de guerre pour 1895.

Budget de la Marine de guerre de l'empire du Japon, pour 1895.

BUDGET ORDINAIRE.

	Dollars.	Francs.
Administration centrale.	96.566	482.830
Salaires.	2.153.111	10.765.555
Dépenses pour les officiers de marine envoyés à l'étranger pour s'y former.	60.841	304.205
Salaires des étrangers employés dans la flotte.	2.400	12.000
Approvisionnement.	592.005	2.960.025
Habillement.	216.666	1.083.330
Armement	773.844	3.869.220
Constructions navales et réparations.	548.158	2.740.790
Écoles	30.000	150.000
Service de santé.	16.860	84.300
Dépenses de chancellerie.	139.859	699.295
Dépenses pour les stations maritimes.	54.593	272.965
Matériaux pour les constructions navales.	400.230	2.001.150
Dépenses d'administration	44.005	220.025
Secours aux blessés dans le service.	85.730	428.650
Établissements disciplinaires	70.419	352.095
Entrées en service.	114.154	570.770
Dépenses diverses	134.220	671.100
Service hydrographique	53.890	269.450
Fonds secrets	10.000	50.000
Salaires des étrangers employés dans la marine de guerre	4.200	21.000
Observatoires	17.810	89.050
TOTAL pour le budget ordinaire.	5.619.561	28.097.805

BUDGET EXTRAORDINAIRE.

I. *Constructions navales nouvelles* . . .	7.116.362	35.581.810
Dont :		
a) Pour l'achèvement des bâtiments mis en chantiers en 1891 : 164.308 $ 821.540 *f.*		
b) Pour la construction de deux navires de guerre : 6.579.001 $ 32.895.005 *f.*		
c) Pour la construction de deux croiseurs (mis en chantier en 1893) 373.050 $ 1.865.250 *f.*		
II. *Constructions et travaux hydrauliques.*	595.769	2.978.845
Dont :		
a) Pour le bâtiment d'Amirauté à Kure : 200.000 $ 1.000.000 *f.*		
b) Pour le bâtiment d'Amirauté à Sasebo : 295.769 $ 1.478.845 *f.*		
c) Pour construction d'arsenal : 100.000 $ 500.000 *f.*		
III. *Entretien et réparations.*	91.018	455.090
IV. *Pour les navires affrétés.*	34.177	170.885
V. *Pour essais sur les explosifs.*	38.584	192.920
VI. *Pour construction d'une machine à draguer*	191.577	957.885
VII. *Dépenses de voyages pour les Ingénieurs envoyés en mission à l'étranger* .	17.822	89.110
TOTAL pour le budget extraordinaire.	8.085.309	40.426.545

Ensemble du budget : 13.704.870 yen.

Ce chiffre de 13.704.870 yen représenterait 68.524.350 *f* si le yen était au pair et valait 5 *f*.

Actuellement il vaut 2,50 *f* environ. Si l'on tient compte de ce que son pouvoir libératoire au Japon n'a pas baissé en proportion de la baisse de l'argent, on voit qu'il est assez difficile d'estimer ce budget en francs.

CHAPITRE III

MATÉRIEL NAVAL DE LA CHINE ET DU JAPON

NAVIRES CHINOIS

Chao-Yong et Yang-Ouei.

Ces deux navires ont été lancés en 1881.

Dimensions. — Longueur. . . . . 64 *m*
Largeur 9,75
Tirant d'eau 4,77

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 1 350 *tx.*

Coque en acier.

Protection. — Le pont est partiellement protégé.

Machines. — Deux machines d'une force totale de 2 677 *ch* indiqués pour le *Chao-Yong* et de 2 580 *ch* pour le *Yang-Ouei* actionnent chacune une hélice.

Les vitesses aux essais auraient été de 16,8 nœuds pour le *Chao-Yong* et de 16 nœuds pour le *Yang-Ouei.*

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de 300 *t*, ce qui donne une distance franchissable de 5 380 milles à 8 nœuds.

Armement. — L'armement de chacun de ces navires comprend : deux canons Armstrong de 25 *cm* et de 25 *t*, rayés, se chargeant par la culasse, quatre de 15 *cm* (1), deux de 47 *mm* à tir rapide, sept mitrailleuses ou canons-revolvers et trois tubes lance-torpilles.

Équipage. — L'équipage est de 130 hommes.

Ces navires sont formidablement armés eu égard à leurs faibles dimensions ; mais leur petit déplacement en fait réellement des canonnières plutôt que des navires de haute mer.

(1) D'autres relations disent 12 *cm.*

Ting-Yuen et Chen-Yuen.

Fig. 46

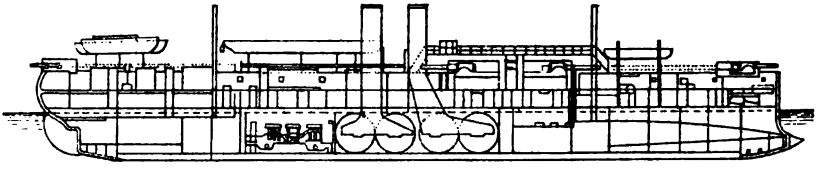
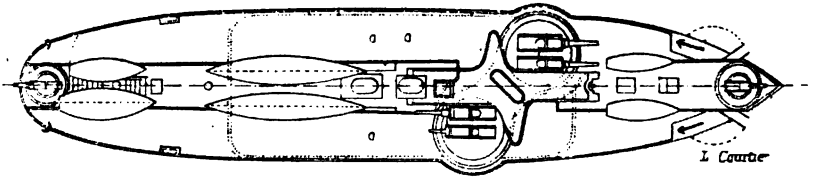


Fig. 46bis



Ces navires jumeaux ont été construits en Allemagne, ils furent lancés en 1881 et 1882.

Dimensions. — Longueur . . . . . 94 *m*
Largeur 17,98
Tirant d'eau 6,10

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 7 400 *tx.*

Coque. — La coque en acier est divisée en de nombreux compartiment étanches.

Protection. — Le navire est protégé sur environ la moitié de sa longueur par un fort central rectangulaire avec angles arrondis.

Ce fort ou réduit a une cuirasse de 0,35 *m* en métal compound et appuyée sur un matelas de bois ayant la même épaisseur.

Cette cuirasse monte jusqu'au pont principal et enveloppe la base des grosses tourelles ; elle protège les passages de munitions de ces tourelles ainsi que les panneaux des chambres de machines et des chaufferies.

A l'avant et à l'arrière du fort, un pont horizontal sous-marin de 0,075 *m* d'épaisseur complète la protection des parties vitales du navire.

Les deux grosses tourelles en quinconce placées à l'avant du

réduit ont un blindage de 0,305 *m* reposant sur un matelas de 0,350 *m*.

Le poste du commandement situé à égale distance des deux tourelles est cuirassé à 0,20 *m*.

Machines. — Deux machines développant chacune 3100 *ch* actionnent chacun une hélice et auraient donné au navire une vitesse de 14,5 nœuds aux essais.

Armement. — Quatre pièces de Krupp de 30,5 *cm* et de 37 *t* sont accouplées dans les deux tourelles.

Deux pièces de 15 *cm* sont placées l'une à l'extrême avant et l'autre à l'extrême arrière sur les œuvres mortes.

Il y a, de plus, deux tubes lance-torpilles.

Le bâtiment peut, en outre, embarquer deux petits torpilleurs.

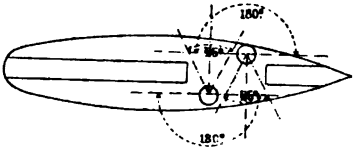
Équipage. — L'équipage doit être de 400 hommes environ (1).

Comme ces deux navires constituaient le plus clair des forces chinoises au Yalou, il convient d'examiner attentivement leur valeur militaire.

La disposition de l'armement est semblable à celle du *Duilio*, du *Dandolo* (italiens), de *l'Inflexible*, du *Colossus*, de l'*Ajax* et de l'*Agamemnon* (anglais), du *Riachuelo* et de l'*Aquibada* (brésiliens) et du *Maine* (américain).

Les deux grosses tourelles sont en quinconce à droite et à gauche de l'axe longitudinal sur un pont principal peu élevé au-dessus de l'eau et des œuvres-mortes supérieures ont une rentrée considérable de façon à laisser la grosse artillerie tirer en chasse et en retraite (2) directes.

Fig. 47



De plus, une percée des œuvres mortes permet à toute la grosse artillerie de faire feu par le travers. Le navire peut donc tirer : en chasse et en retraite, quatre canons de 30,5 *cm* et un de 15 *cm*; par le travers, quatre canons de 30,5 *cm* et deux canons de 15 *cm*.

Les gros canons sont relativement bas, ce qui donne facilement une bonne stabilité; le tir en est sûr, parce que la grosse artillerie

(1) Le *Naval Annual* de Brassey donne un chiffre de 250 hommes, ce qui paraît beaucoup trop faible.

(2) Sur les navires anglais, à cause de l'élargissement des œuvres mortes, le tir en retraite directe n'est généralement pas possible. Le tir en retraite ne peut s'effectuer qu'à quelques degrés de l'axe.

est située près du centre du bâtiment, à l'endroit où les oscillations sont le plus faibles. Enfin, l'avant peut être assez surélevé pour permettre des qualités nautiques suffisantes; ces bâtiments sont bons marins.

Au premier abord, cette disposition semble donc supérieure à toutes les autres. Mais en étudiant la question de plus près, on s'aperçoit que les inconvénients du quinconce compensent largement ses avantages.

D'abord les grosses pièces mises en quinconce laissent peu d'emplacements disponibles pour la petite artillerie qu'elles gênent de leur souffle puissant. Cet inconvénient, bien que sérieux n'est point irrémédiable : on peut encore trouver à la rigueur la place de l'artillerie moyenne.

Ensuite, toute la grosse artillerie est ramassée sur le même point et forme une cible excellente pour l'adversaire qui peut « tirer dans le tas ».

Enfin, l'inconvénient le plus sérieux est que, malgré les apparences, le tir par le travers n'est pas suffisamment assuré. En effet, chaque tourelle ne dispose, indépendamment de son champ ininterrompu de 180° sur un bord, que d'un champ d'environ 45° sur l'autre bord, ce qui est tout à fait insuffisant afin de pointer dans de bonnes conditions.

Pour que le chef de la tourelle gauche ou droite d'un de ces deux cuirassés puisse tirer sur un bâtiment situé à droite ou à gauche de l'axe longitudinal de son navire, il faut que ce bâtiment ennemi soit dans un angle de 20° environ, compté, soit sur l'avant soit sur l'arrière à partir de la perpendiculaire menée par le centre de la tourelle à l'axe longitudinal du navire qui la porte.

En dehors de cet angle, non seulement le chef de tourelle ne peut atteindre l'ennemi, mais il ne peut même point l'apercevoir; il n'a donc pas la possibilité de préparer ses deux pièces; il est, pour ainsi dire, forcé de tirer son adversaire au vol. Ainsi, un navire avec des tourelles en quinconce ne dispose jamais que du feu d'une seule tourelle dans le combat par la hanche et par la joue; et, en pratique, il n'a guère qu'une seule tourelle pour le combat par le travers.

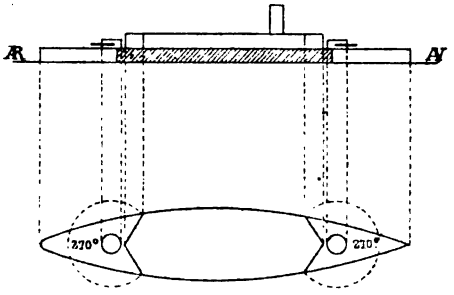
Or, dans la dernière partie de cette étude, on établira que le feu par le travers est le plus important pour un navire de combat.

Il aurait donc mieux valu adopter pour le *Ting-Yuen* et le *Chen-Yuen* une des trois dispositions suivantes pour la grosse artillerie :

1° Mettre les grosses tourelles dans l'axe, conserver le même commandement, et raser les œuvres-mortes de l'avant.

On aurait eu ainsi un navire analogue à notre type *Valmy*, sauf en ce qui concerne le cuirassement; mais le bâtiment eût été peu marin à cause de son avant bas;

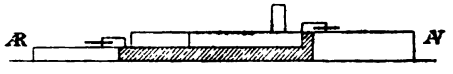
Fig. 48



2° Modifier la répartition des poids de façon à pouvoir monter la tourelle avant de la hauteur d'un entrepont et avoir ainsi un navire plus marin.

Mais cette solution eût probablement forcé à diminuer l'armement principal. C'est ce qui est arrivé sur le *Bouvines*, où deux canons de 30,5 *cm* ont remplacé les deux 34 *cm* du *Valmy*;

Fig. 49

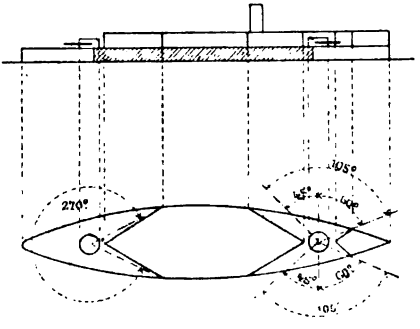


3° Laisser les deux tourelles à la même hauteur au-dessus de l'axe, mais les placer dans l'axe.

Sacrifier le tir en chasse directe et mettre une teugue pour rendre le navire plus marin.

La solution qu'ont adoptée les constructeurs allemands du *Ting-Yuen* et du *Chen-Yuen* est certainement inférieure à n'importe laquelle des trois autres au point de vue de la protection donnée par l'écartement des deux tourelles, et surtout au point de vue de l'amplitude des champs de tir.

Fig. 50



En effet, si l'on prend comme mesure de puissance offensive sur l'ensemble de l'horizon, une pièce de canon déterminée ayant un champ de tir de 1°, la puissance offensive du *Ting-Yuen* et du *Chen-Yuen* peut être représentée par un nombre égal à :

$$4\,(180 + 45) = 900^{\circ}.$$

Dans ces conditions, en admettant que l'on eût conservé les

mêmes grosses pièces, la puissance offensive des dispositions 1 et 2 serait représentée par $4 \times 270 = 1\,080$ et celle de la disposition 3 par

$$2 \times 270 + 2(105 + 105) = 960.$$

En admettant même — chose peu probable — que le champ de tir de la tourelle avant de la disposition 3 dût être réduit à 90° de chaque bord, on aurait encore une puissance offensive représentée par

$$2 \times 270 + 2(90 + 90) = 900^{c},$$

c'est-à-dire théoriquement égale à celle du *Ting-Yuen*.

Mais, en pratique, la puissance offensive de la solution 3 serait bien plus considérable que celle du *Ting-Yuen*, parce que les champs de tir seraient situés de façon à battre des points de l'horizon où, d'après ce que l'on établira dans la dernière partie de cette étude, l'ennemi se trouverait le plus souvent situé pendant un combat d'escadre.

Quoi qu'il en soit, ces bâtiments n'ont pas fait trop mauvaise figure à la bataille du Yalou où ils ont résisté pendant quelque temps aux efforts combinés de la presque totalité de la flotte japonaise.

Leurs blindages ont bien protégé et les coques, et les canons, et les équipages. Malgré leurs extrémités découirassées, s'ils avaient eu, avec d'autres officiers, d'autres marins, et un approvisionnement d'obus à explosifs, ils auraient pu rendre la victoire de l'amiral Ito bien difficile.

Tsi-Yuen.

Ce navire a été lancé en 1883.

Dimensions. — Longueur. . . . . 72 *m*
Largeur 10
Tirant d'eau 4,80

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 2 355 *tx*.

Coque en acier.

Protection. — Le bâtiment est protégé par un pont de 10 *cm* à 5 *cm*.

Machines. — Deux machines d'une puissance totale de 2 800 *ch* actionnent chacune une hélice.

La vitesse aux essais a été de 15 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de 230 *t.*

Armement. — L'armement comprend : deux canons Krupp de 21 *cm* et de 35 calibres accouplés à l'avant, un canon de 15 *cm* à l'arrière, quatre de 47 *mm* à tir rapide, quatre mitrailleuses ou canons-revolvers et quatre tubes lance-torpilles.

Le bâtiment peut tirer :

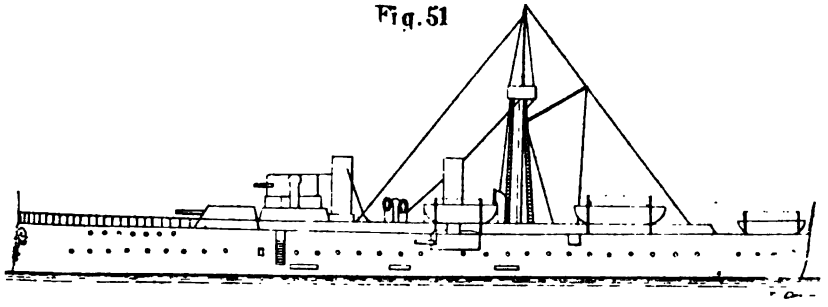
En chasse.	deux	canons de 21 *cm*;
En retraite	un	— de 15 *cm*;
Par le travers. . . .	deux	— de 21 *cm* et un de 15 *cm*.

Équipage. — L'équipage est de 180 hommes.

L'artillerie est assez puissante et assez bien disposée, mais sa répartition charge beaucoup l'avant du navire.

Tschi-Yuen et **Ching-Yuen.**

Fig. 51



Les deux croiseurs *Tschi-Yuen* et *Ching-Yuen* furent construits à Elswick en octobre 1885. Le premier fut lancé le 29 septembre 1886, le second, le 14 décembre 1886. Ils furent complétés et gagnèrent la Chine, de concert avec les deux cuirassés construits à Stettin.

Dimensions. —	Longueur.	76,20 *m*
	Largeur	11,58
	Tirant d'eau	4,57

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 2 300 *tx.*

Coque en acier.

Protection. — Ces navires ont un pont en dos de tortue blindé avec plaques de 5 *cm* à 10 *cm* d'épaisseur et un double fond au-

dessous des machines. Une plate-forme Vavasseur située à l'avant, sur laquelle sont couplés deux canons de 20 *cm*, est protégée par 0,250 *m* d'acier et un bouclier.

Machines. — Deux machines à triple expansion développent ensemble 5 500 *ch* et actionnent chacune une hélice.

La vitesse aux essais aurait donné 18 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de 450 *t*.

Armement. — L'armement se compose de deux canons de 20 *cm* pesant 12 *t* environ, accouplés sur la plate-forme Vavasseur à l'avant; un troisième canon de 20 *cm* est à l'arrière, tandis qu'un canon de 15 *cm* est de chaque côté. Il y a, en outre, huit canons de 57 *mm*, deux de 47 *mm* et six de 37 *mm*, tous à tir rapide, six mitrailleuses ou canons-revolvers et quatre tubes lance-torpilles.

Le navire peut tirer :

En chasse.	deux	canons	de 20 *cm*	et	deux	de 15 *cm*;
En retraite	un	—	—	—	—	
Par le travers . . .	trois	—	—	un	—	

Équipage. — L'équipage est de 250 hommes.

Ces bâtiments ont une valeur militaire sérieuse; leur armement est puissant et bien disposé.

La vitesse annoncée de 18 nœuds paraît exagérée; en réalité, elle ne doit guère dépasser 15 à 16 nœuds.

Le principal défaut de ces bâtiments est d'avoir l'avant très chargé, ce qui les rend probablement peu marins.

King-Yuen et Lai-Yuen.

Le *King-Yuen* et le *Lai-Yuen*, fournis au gouvernement chinois par la compagnie Vulcan de Stettin, furent lancés, le premier, le 3 janvier 1887 et le second, le 25 mars 1887. Ils furent complétés tous deux durant l'été de 1887.

Dimensions. — Longueur . . . . . 82,30 *m*
Largeur 12,19
Tirant d'eau 5,03

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 2 800 *tx*.

Coque en acier.

Protection. — Le blindage de métal compound consiste en une ceinture pour protéger la chambre des machines et la salle de chauffe depuis 0,61 *m* au-dessus de la flottaison jusqu'à 1,22 *m* au-dessous. Cette ceinture a de 0,238 *m* à 0,131 *m*; elle est terminée et renforcée par des cloisons transversales de 0,203 *m* d'épaisseur. Un pont de 0,037 *m* d'épaisseur s'étend au-dessus de la ceinture et les extrémités du navire sont protégées par un pont armé incliné de 0,076 *m* d'épaisseur. Deux gros canons sont accouplés dans une tourelle barbette située à l'avant et recouverte d'un blindage de 0,203 *m*, qui tourne avec les pièces. En arrière de la barbette et la dominant est le poste du commandant, blindé à 0,150 *m*.

Un double fond s'étend sur les deux tiers de la longueur du navire qui est divisé en 66 compartiments étanches; ceux de ces compartiments situés près des flancs sont remplis de liège.

Machines. — Deux hélices sont actionnées par deux machines à triple expansion avec quatre chaudières cylindriques, et pouvant donner une puissance totale de 3 400 *ch.*

La vitesse aux essais a été de 16 1/2 nœuds avec tirage forcé.

Approvisionnement. — L'approvisionnement de charbon est de 325 *t.*

Armement. — L'armement principal comprend: deux canons Krupp de 21 *cm* dans la barbette avec un grand champ de tir et deux canons semblables de 15 *cm* placés en encorbellement sur les flancs et ayant un champ de tir de 180°, cinq petits canons de 47 *mm* à tir rapide, sept mitrailleuses et quatre tubes lance-torpilles Schwartz-Kopff, un sous l'eau, trois au-dessus.

Le navire peut tirer :

En chasse : deux canons de 21 *cm* et deux de 15 *cm*;
En retraite : deux canons de 15 *cm*;
Par le travers : deux de 21 et un de 15 *cm*.

Équipages. — 270 hommes.

Ces bâtiments ont une valeur militaire sérieuse surtout si l'on tient compte de leurs faibles dimensions. Ils paraissent être des compromis entre des croiseurs et de petits garde-côtes.

Ping-Yuen.

Ce navire a été lancé en 1890.

Dimensions. — Longueur . . . . . 60,96 *m*
Largeur 12,19
Tirant d'eau 4,87

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 2 100 *tx.*

Coque en acier.

Protection. — Le navire est protégé par une ceinture cuirassée de 0,20 *m* et un pont cuirassé de 0,05 *m.* La tourelle et le poste du commandant sont blindés à 0,125 *m.*

Machines. — Deux machines d'une force totale de 2 400 *ch* actionnent chacun une hélice.

La vitesse aux essais a été de 10,5 nœuds.

Armement. — L'armement se compose de : un canon Krupp 26 *cm* se chargeant par la culasse, deux canons de 15 *cm* sur les flancs, huit petits calibres à tir rapide, et quatre tubes lance-torpilles dont un sous-marin.

Le navire peut tirer :

En chasse : un canon de 26 *cm* et deux de 15 *cm*;
En retraite : deux de 15 *cm*;
Par le travers un de 26 *cm* et un de 15 *cm.*

Équipage. — L'équipage est probablement de 150 hommes.

Ce bâtiment est en réalité une canonnière cuirassée destinée à l'attaque et à la défense des côtes. Son gros canon à l'avant doit le faire naviguer très mal. Sa faible vitesse et ses mauvaises qualités nautiques en font un navire impropre à combattre en haute mer.

Kuang-Ping.

Ce vaisseau a été lancé en 1891.

Dimensions. — Longueur. . . . . 71,93 *m*
Largeur 8,37
Tirant d'eau 3,45

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 1 030 *tx.*

Coque en bois et acier.

Protection. — La protection, faite seulement par un pont en acier, est absolument insuffisante.

Machines. — Deux machines d'ensemble 2400 *ch* actionnent chacune une hélice.

La vitesse aurait été de 16 nœuds aux essais.

Armement. — L'armement est composé de trois canons 12 *cm* à tir rapide, huit mitrailleuses ou canons-revolvers, quatre tubes lance-torpilles.

Équipage. — L'équipage est d'environ 120 hommes.

Ce navire, construit partiellement en bois et sans protection, sans vitesse et avec un armement très faible, n'a aucune valeur militaire.

Kong-Hi.

Ce navire a été lancé en 1891.

Dimensions. — Longueur . . . . . 71,93 *m*
Largeur 8,37
Tirant d'eau 3,45

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 1100 *tx.*

Coque en acier.

Protection. — Le pont en acier constitue une protection insuffisante.

Machines. — Deux machines développant ensemble 3400 *ch* commandent chacune une hélice.

La vitesse aurait été de 16 nœuds aux essais.

Armement. — L'armement consiste en un canon de 15 *cm*, un de 12 *cm* et quatre mitrailleuses ou canons-revolvers.

Équipage. — L'équipage est composé d'environ 120 hommes.

Navire un peu meilleur que le précédent à cause de sa construction en acier; mais n'ayant comme lui et pour les mêmes raisons qu'une valeur militaire des plus médiocres.

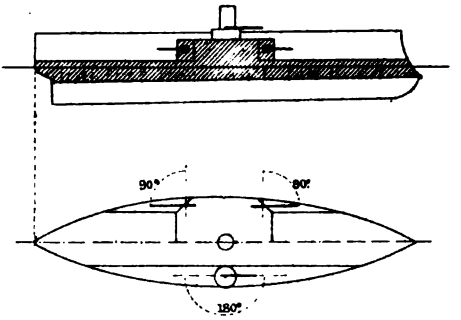
Nota. — Les renseignements obtenus sur ces deux derniers bateaux étant contradictoires, les chiffres indiqués ici ne sont cités que sous toutes réserves.

D'ailleurs, les données relatives aux navires chinois ayant pris part à la bataille du Yalou, paraissent généralement bien moins précises que celles qui ont trait aux bâtiments japonais.

NAVIRES JAPONAIS

Fu-Soo.

Fig. 52



Ce navire, construit en Angleterre sur les plans de Reed, a été lancé en 1877.

Dimensions. — Longueur . . . . . 67 *m*
Largeur 14,60
Tirant d'eau 5,60

Déplacement. — 3 718 *tx.*

Vitesse aux essais : 13,2 nœuds.

C'est un navire à réduit central.

La ceinture est blindée à 0,175 *m.*

Le réduit rectangulaire, percé de quatre sabords d'angle, a une cuirasse de 22,5 *cm.*

Armement. — Quatre canons Krupp 24 *cm*, 15 *t*, tirant par les sabords d'angle avec un champ de tir de 90°, deux canons Krupp de 17 *cm*, 6 *t*, placés sur le plafond du réduit et ayant un champ de tir de 180°, quatre tubes lance-torpilles, cinq mitrailleuses ou canons-revolvers.

Le bâtiment peut tirer en chasse ou en retraite directe deux 24 et deux 17 *cm*; par le travers, deux 24 et un 17 *cm.*

Machines. — Deux machines d'ensemble 3 500 *ch*, actionnant chacune une hélice.

Approvisionnement de charbon. — 360 *t.*

Équipage. — L'équipage est 386 hommes.

Ce bâtiment est un petit *Redoutable*; il est disposé pour le combat en pointe plutôt que pour le combat par le travers. Il est bien protégé, eu égard à ses petites dimensions, et son blindage constitue aujourd'hui encore une protection sérieuse, surtout contre les obus explosifs. Il navigue bien. Comme tous les navires à batterie, le champ de tir des pièces du réduit est extrêmement faible.

Hi-Yei.

Ce navire a été lancé en 1878.

Dimensions. — Longueur . . . . . 70,40 *m*
Largeur 12,40
Tirant d'eau 5,28

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 2 200 *tx.*

Coque. — Construction dite composite.

Protection. — La coque est protégée par une ceinture de 0,1125 *m.* Ce n'est pas un cuirassé dans le sens usuel du terme; il n'y a pas de cuirasse contre les coups d'enfilade et pas de pont cuirassé.

Machine. — Une seule machine développe une force de 2490 *ch.* Aux essais, la vitesse correspondante a été de 13 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de 280 *t.*

Armement. — L'armement se compose de : trois canons Krupp de 17 *cm* et de 3 *t* 1/2; et de six, 15 *cm.* Quatre mitrailleuses ou canons-revolvers complètent l'armement.

Équipage. — L'équipage est de 308 hommes.

Ce bâtiment a une valeur militaire des plus médiocres.

Naniwa et Takatchiho.

Ces deux bâtiments sont pareils. Ce sont des « navires sœurs » — sister ships — comme disent les Anglais. Nous dirions des « jumeaux ».

Ils ont été construits par Armstrong à Newcastle où ils ont été lancés en 1885; leur armement est de Krupp.

Dimensions. — Longueur . . . . . 91,44 *m*
Largeur 14
Tirant d'eau 5,63

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 3 650 *tx.*

Coque. — La coque est entièrement construite en acier et est divisée en nombreux compartiments étanches. L'étrave en forme d'éperon est très robuste et vient se raccorder avec le pont blindé.

Fig. 53

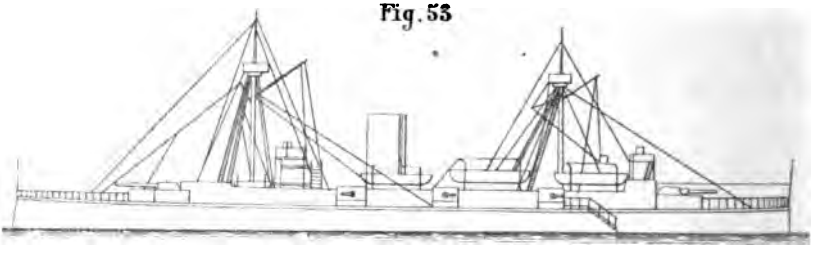
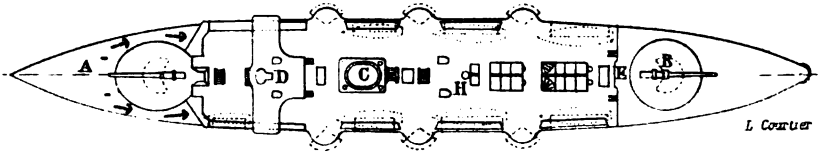


Fig. 53bis



Protection. — La coque est protégée par un pont blindé en dos de tortue dont l'épaisseur maxima est de 50 à 75 *mm* sur les parties inclinées. Il s'élève à 0,305 *m* au-dessus de la flottaison dans l'axe longitudinal du navire, et descend à 1,22 *m* au-dessous de la flottaison en abord.

Machines. — Les deux machines, qui actionnent chacune une hélice, développent ensemble plus de 7 000 *ch* — 7 235 pour le *Naniwa* et 7 120 pour le *Takatchiho.*

Les vitesses correspondantes ont atteint 18,72 nœuds et 18,77 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de 800 *t*, ce qui donne une distance franchissable de 9000 milles à 13 nœuds.

Armement. — L'armement comprend : deux canons de 26 *cm* placés dans l'axe, l'un à l'avant et l'autre à l'arrière, et ayant chacun un champ de tir de 240° ; six canons de 15 *cm* placés sur les flancs.

Le bâtiment peut tirer ainsi en chasse et en retraite un 26 et deux 15 *cm*; par le travers, deux 26 et trois 15 *cm*, deux canons de 3 livres à tir rapide et dix mitrailleuses ou canons-revolvers.

La manœuvre des grosses pièces se fait par des machines hydrauliques.

Quatre tubes lance-torpilles complètent l'armement.

Équipage. — L'équipage est assez bien logé; il comprend 325 officiers et marins.

Ces navires disposent, eu égard à leurs dimensions, d'une puissance offensive considérable et d'une artillerie bien disposée; mais leur puissance défensive est à peu près nulle.

Il faut surtout blâmer la conception des grosses pièces et des appareils de manœuvre sans aucune protection, de telle sorte que ces bâtiments peuvent avoir leur armement principal mis hors de combat par un canon de 37 *mm*. Il aurait mieux valu augmenter un peu le déplacement, de façon à protéger par une cuirasse d'une quinzaine de centimètres chacun des deux gros canons.

L'avant est trop bas sur l'eau, et la manœuvre du gros canon de chasse devient difficile avec mer debout.

Chiyoda.

Fig. 54

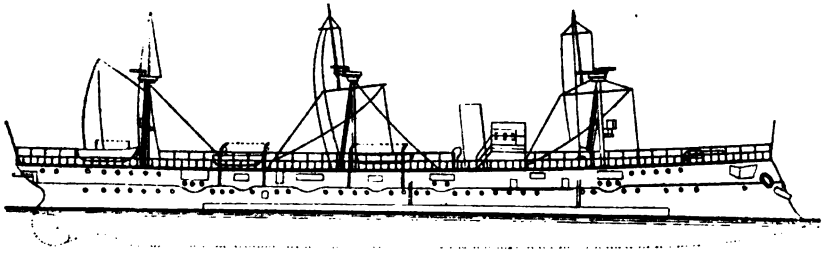
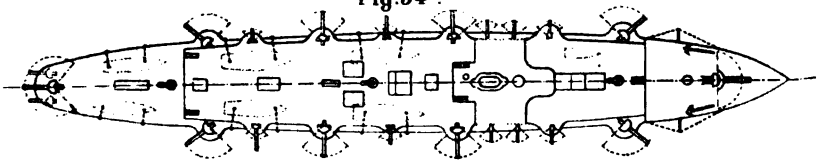


Fig. 54bis



Ce bâtiment a été construit chez James et George Thomson, à Clydebank, Glasgow, Écosse.

Il fut lancé en 1889.

Dimensions. — Longueur . . . . . 94,49 *m*
Largeur 12,80
Creux 7,21
Tirant d'eau moyen . 4,27

Déplacement. — 2 450 *tx.*

Coque. — Le bâtiment a des formes élégantes; l'avant forme éperon, et le brion de l'étrave est assez arrondi.

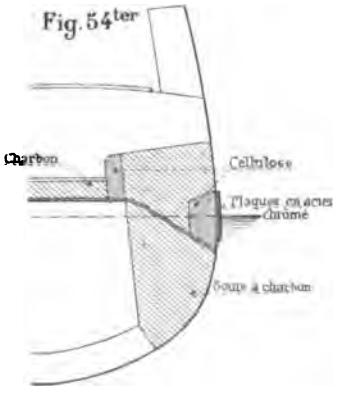
Le nombre des grands compartiments étanches est de 36; le total des compartiments étanches atteint 84.

Le gouvernail est partiellement balancé, comme sur la *Reina Regente* et les paquebots de la Compagnie Inman.

Protection. — Un pont cuirassé règne de bout en bout. Vers le milieu du navire la partie plate de ce pont est au-dessus de la flottaison. Elle se raccorde sous la ligne de flottaison en abord avec la coque à l'aide de deux parties inclinées.

Ce pont, d'une épaisseur totale de 25 *mm*, est formé de deux tôles : la tôle supérieure est en acier chromé et la tôle inférieure en acier Martin-Siemens. On a voulu ainsi placer extérieurement un métal dur de façon à faire ricocher les projectiles, et intérieurement un métal mou faisant office de matelas, de pare-éclats, et pouvant être bosselé sans se rompre.

Fig. 54ter



Sur les deux tiers environ de la longueur le bâtiment a une bande de cuirasse d'acier chromé assez étroite et ayant une épaisseur d'environ 10 *cm*; il a également deux tranches de cellulose.

Enfin, les soutes à charbon complètent la protection.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion. Elles développent ensemble 5 600 *ch* à l'allure de 230 tours à la minute.

On atteint alors une vitesse d'environ 19 nœuds. La vapeur est fournie par six générateurs en tôle d'acier de 5,50 *m* de long et de 2,12 *m* de diamètre.

Ces chaudières sont placées dans deux compartiments étanches où l'on produit le tirage forcé à l'aide de ventilateurs de 1,52 *m* de diamètre tournant à 250 tours à la minute et actionnés par une machine spéciale, à cylindre unique, et à action directe.

Approvisionnement. — Pour une vitesse de 10 nœuds, la distance franchissable serait de 8 000 milles (1) pour un approvisionnement de 240 *t.*

Armement. — L'armement comprend 10 canons à tir rapide Armstrong de 12 *cm*; 1 à l'avant, 1 à l'arrière, et 4 de chaque bord. Il y a également 14 Hotchkiss de 47 *mm* et 3 mitrailleuses Gatling dans les hunes. Enfin, l'armement est complété par 3 tubes lance-torpilles, 1 à l'avant et 1 de chaque côté.

Matsushima, Itsukushima et **Hashidate.**

Fig. 55

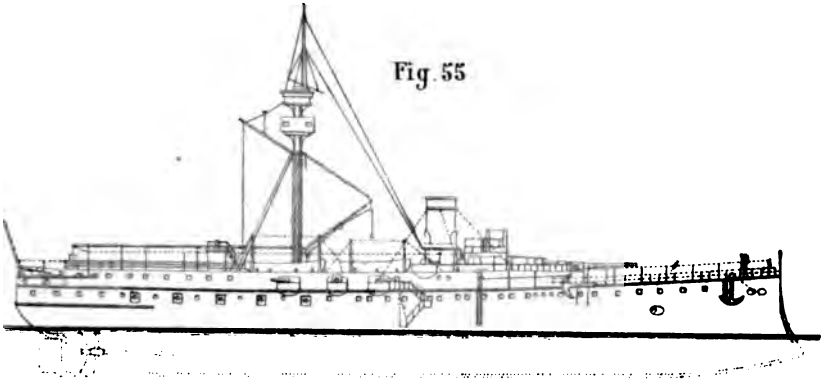
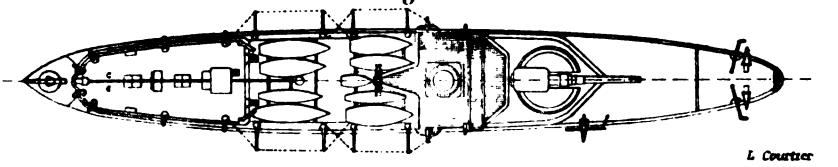


Fig. 55bis



L. Courtier

Ces trois bâtiments ont les mêmes dimensions.

L'*Itsukushima* et l'*Hashidate* sont absolument pareils. Le *Matsushima* ne diffère des deux autres que par le fait d'avoir son gros canon situé à l'arrière et non à l'avant.

Le *Matsushima* et l'*Itsukushima* ont été construits aux Forges et Chantiers de la Méditerranée, à la Seyne, où ils furent lancés en 1889 et 1890.

(1) Ce chiffre paraît sujet à caution.

L'*Hashidate* a été construit à l'arsenal de Yakoshika où il fut lancé en 1891.

Le *Matsushima*, par suite de la disposition de sa grosse artillerie, est beaucoup plus marin que les deux autres navires. C'est sans doute pour cette raison que l'amiral Ito l'avait choisi pour porter son pavillon à la bataille du Yalou.

Ces bâtiments ont joué un rôle prépondérant à la bataille du Yalou. En outre, comme on le verra par l'examen des plans, leur construction très originale en fait un sujet d'études des plus intéressants. Nous croyons donc devoir en donner une description beaucoup plus complète que des autres navires, et nous empruntons la majeure partie des détails qui suivent aux documents que la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée à fort obligeamment mis à notre disposition.

Dimensions :

Longueur extrême	99,000 *m*
Longueur de la flottaison en charge	95,150
Longueur de la carène, de la perpendiculaire avant à la face arrière de l'étambot ou perpendiculaire arrière	90,000
Distance de l'extrémité arrière de la flottaison à la perpendiculaire arrière	3,400
Distance de l'extrémité avant de la flottaison à la perpendiculaire avant	1,750
Largeur extérieure de la carène au fort situé à la flottaison en charge	15,540
Creux du dessus de quille au livet du pont des gaillards :	
A la perpendiculaire arrière	10,786
Au milieu	10,630
A l'étrave sur le dessus de quille prolongé	12,306
Profondeur de la carène au milieu correspondant à la flottaison en charge	5,750
Tableau de la quille au milieu	0,300
Tirants d'eau en charge arrière	6,450
— — avant	5,650
— — moyen	6,050
— — différence	0,800

Déplacement :

Volume de la carène en mètres cubes. . .	4 169,135 m^3
Déplacement de la carène en tonneaux métriques :	
Sans appendices	4 277,533 *tm*
Avec —	4 291,269
Différence sur l'arrière	124,429
Déplacement pour 1 *cm* d'immersion à la flottaison en charge.	10,384
Surface immergée du couple milieu. . . .	73,157 m^2
— de la flottaison en charge.	1 012,140
Volume du parallélipipède circonscrit à la carène.	8 041,950 m^3
Volume du cylindre circonscrit au couple milieu.	6 584,130 m^3
Surface du rectangle circonscrit à la flottaison	1 478,631 m^2
Surface du rectangle circonscrit au couple du milieu	89,355
Rapports en nombre abstraits :	
Du volume de la carène à celui du parallélipipède circonscrit.	0,5184
Du volume de la carène à celui du cylindre circonscrit au couple milieu	0,6332
De la surface de la flottaison à celle du rectangle circonscrit.	0,6845
De la surface du couple milieu à celle du rectangle circonscrit.	0,8187

Poids approximatif composant le déplacement :

Coque et accessoires y compris la cuirasse du pont	2 061 000 *kg*	
Ciment.	50 000	
		2 111 000 *kg*
Cuirasse de la tourelle, du tube-passage des munitions, carapace.		232 500
Appareils de tous genres relatifs au canon de 32 *cm*.		153 260
A reporter. . . .		2 496 760 *kg*

Report	2 496 760 *kg*	
Artillerie, lance-torpilles et armes portatives.	159 625	
Munitions et torpilles	144 000	
Appareils moteurs et évaporatoires avec eau, outillages divers, rechanges, approvisionnements et appareils auxiliaires de tous genres .	699 000	(1)
Mâts, agrès, apparaux de mouillage, amarres, etc.	96 840	
Vivres pour deux mois à 436 hommes, eau en caisses pour quatorze jours et hommes avec leurs effets	124 460	
Objets divers et approvisionnements divers.	39 160	
Combustible et bois pour les cuisines . . .	405 000	
Cofferdam.	70 000	
Poids disponible.	42 688	
TOTAL ÉGAL AU DÉPLACEMENT	4 277 533 *kg*	

Stabilité :

Distance du centre de carène :	
Au-dessus de la quille	3,466 *m*
A la flottaison en charge	2,284
En arrière de la perpendiculaire milieu :	
Sans appendices	0,810
Avec —	0,889
Hauteur du métacentre latitudinal au-dessus du centre de carène	3,566
Hauteur du centre de gravité au-dessus du trait supérieur de la quille	6,036
Valeur de $\rho - a$.	0,988
Hauteur du métacentre longitudinal au-dessus du centre de carène	108,257
Hauteur du métacentre longitudinal au-dessus du centre de gravité (R — *a*)	105,350
Distance du centre de gravité en arrière du milieu de la carène (approximative)	0,889
Distance du centre de gravité de la flottaison en arrière de la perpendiculaire milieu.	3,221

(1) Dont 660 000 *kg* pour l'appareil moteur complet, ventilateurs compris, et 39 000 *kg* pour les machines auxiliaires du service du navire, treuils à escarbilles compris.

Distance des deux centres (approximative) . .	0,000 *m*
Différence de tirant d'eau (approximative) . .	0,800
Moments nécessaires pour faire varier de 1 *cm* la différence de tirant d'eau $\frac{P\ (R - a)}{100\ \Lambda}$	50,231 *txm*
Moments nécessaires pour produire une bande de 1°, 0,01745 P (P — *a*)	73,984 *txm*

Nature des matériaux. — La quille est en acier.

L'étrave et l'étambot sont en acier coulé.

Les épontilles sont en fer creux, leurs pattes et leurs têtes en fer forgé.

Les tôles, les cornières et les profilés sont en acier doux.

Les bordés du pont sont en pin ou en teak suivant les endroits.

La cuirasse des tourelles et des passages est en acier dur du Creusot, de la qualité adoptée dans la marine française.

Les pavois des hunes et des encorbellements sont en acier chromé de Holtzer.

Description sommaire des navires. — Le navire est formé d'une étrave formant éperon.

Le navire est protégé dans ses œuvres vives par un pont cuirassé dont le livet est à 1,75 *m* au-dessous de la flottaison. Ce pont à 0,97 *m* de bouge dans la maîtresse partie.

Le pont cuirassé est constitué par un plan de tôles d'acier de 20 *mm* d'épaisseur réduit à 10 *mm* en abord, rivé sur un double bordé formé de deux tôles de 10 *mm* chacun et supporté par des barrots bien épontillés. Il est solidement rivé sur l'étrave et sur l'étambot. Au-dessus du pont cuirassé se trouve un entrepont de 4,10 *m* en abord et de 3,25 *m* au milieu ; cet entrepont est divisé en cellules par des cloisons étanches longitudinales et transversales, auxquelles on peut accéder par des panneaux percés dans le pont de batterie ou par des corridors en abord.

Il existe en abord une ceinture de petites cellules remplies de cellulose de noix de coco formant un cofferdam complet.

Les écoutilles percées dans le pont cuirassé sont entourées toutes de cofferdams remplis de cellulose. Elles sont, en outre, protégées sur leur pourtour par des glacis de 5 *cm* d'épaisseur.

Il existe, en outre, en abord et tout le long des cofferdams, un corridor permettant d'accéder soit au cofferdams, soit aux compartiments divers.

Le navire est pourvu d'un mât de signaux à tripode portant

deux hunes circulaires, en tôle d'acier chrômé de Holtzer. La hune inférieure, plus grande, reçoit des canons-revolvers; la hune supérieure porte des mitrailleuses.

Épaisseur des cuirasses :

Tourelle.	300 *mm.*
Tube-passage des munitions. . . .	250
Carapace	50
Bouclier du pointeur	110
Abri du commandant.	100
Pont	40

ÉCHANTILLONS DES MATÉRIAUX.

Quille. — La quille se compose de deux massifs en acier ayant chacun 73 $\times$ 300 rapportés de chaque côté du prolongement de la carlingue centrale, ils ont la plus grande longueur que l'on puisse fabriquer; les écarts se croisent à mi-longueur de façon qu'aucun des écarts ne tombe sur un écart de la tôle carlingue; les écarts ont 50 *cm* de longueur au moins.

A l'arrière, la où n'existe plus la tôle verticale de carlingue centrale, la quille est d'une seule pièce et s'assemble avec l'étambot au moyen d'un écart de 2,50 *m* de long.

Étrave. — L'étrave est en acier fondu en forme d'éperon, solidement assemblée avec la quille sur une longueur de 2,50 *m*.

L'étrave porte une saillie venue de fonte pour recevoir le pont cuirassé; elle a un talon de 10 *m* de longueur environ et s'élève jusqu'au livet du pont-batterie; au-dessus de ce pont, elle est remplacée par une étrave formée de deux tôles de 12 *mm* chaudronnées sur lesquelles viennent se river les tôles du bordé extérieur; la partie recevant le tube à torpilles est formé d'un anneau particulier, en acier fondu, assemblé par un écart à l'étrave inférieur et rivé à l'étrave supérieure en tôle.

Étambot. — Il est en acier fondu, se prolonge vers l'avant par un talon de 6 *m* de longueur pour se marier avec la quille au moyen d'un écart de 2,50 *m* de longueur; il porte aussi un petit talon sur la face arrière qui reçoit l'aiguillot inférieur du gouvernail.

Il se prolonge vers le haut par une allonge en suivant la voûte et s'arrête par un élargissement sur le pont cuirassé pour être

rivé à ce pont; cette allonge est façonnée de manière à former la partie fixe du presse-étoupe de la mèche du gouvernail.

Au-dessus du pont cuirassé, l'allonge de voûte est formée de deux tôles de 12 *mm* chaudronnées suivant la forme de l'arrière; elle est percée d'un trou circulaire pour recevoir un tube lance-torpilles.

Gouvernail. — Le gouvernail est formé d'un cadre en acier fondu recouvert de tôles de 8 *mm* d'épaisseur.

La mèche en acier fondu et martelé a 300 *mm* de diamètre; elle traverse un presse-étoupe en acier à son entrée dans la coque et est prolongée jusqu'au-dessous du pont cuirassé; elle porte à la tête un tenon hexagonal pour recevoir la barre de combat.

Membrure. — L'espacement des couples, d'axe en axe, dans la partie centrale est de 1,10 *m* et il se réduit à 0,90 *m* aux deux extrémités.

Au-dessus du pont blindé, la membrure est formée de fers en U de 200 × 80, pesant 21,74 *kg*, dans la partie centrale et de fers en U de 175 × 70, pesant 17,9 *kg* aux extrémités.

Les tôles varangues sont évidées et sont coupées par la carlingue centrale; elles ont 10 *mm* dans la chambre des machines et 8 *mm* dans le reste du navire; elles portent une cornière de 80 × 80, pesant 10,60 *kg*, comme cornière extérieure, et une autre de 75 × 75, pesant 9,9 *kg* comme cornière intérieure.

Dans la tranche cellulaire, la membrure est formée par les cloisons des cofferdams en tôles de 8 *mm*, armées à l'extérieur d'une cornière de 75 × 75, pesant 9,9 *kg*, et à l'intérieur, contre la cloison du corridor, d'une cornière de 70 × 60, pesant 7,75 *kg*; ces cloisons du cofferdam sont tenues à leur pied par un bout de cornière de 75 × 75, pesant 9,9 *kg*, sur le pont cuirassé; leur tête est rivée directement sur l'âme du barrot de la batterie.

A l'extrémité avant, les couples situés en dehors du cofferdam, qui ne portent pas de cloisons transversales, sont formés d'une cornière de 120 × 80, pesant 17,5 *kg*, tenue au pied par une équerre en tôle de 8 *mm* et un bout de cornière de 75 × 75, pesant 8,86 *kg*.

Au-dessus du pont de la batterie, la membrure se compose de simples cornières de 120 × 80, pesant 17,5 *kg*, et de taquets en tôles de 8 *mm*; la cornière de 120 × 80 s'arrête à la tôle gouttière du pont supérieur, elle se prolonge jusqu'à la tôle gouttière du gaillard et du château central.

Les membrures du château central sont formées par des cornières de 120 × 80, pesant 17,5 *kg*.

Les membrures de la teugue, sont formées tantôt par le prolongement des membrures de la batterie, tantôt de façon à former la muraille de l'angle rentrant.

Bordé extérieur. — Le bordé extérieur est sur toute la hauteur disposé en virures de placage et de recouvrement, la largeur des virures est d'environ 1,10 *m* pour les tôles de 14 *mm* et 1,20 *m* pour celles de 12 *mm* et au-dessous

L'épaisseur des tôles dans la maîtresse partie est :

Galbord	16 *mm*
Deuxième et les sept virures suivantes	14
Dixième et onzième	12
Douzième	14
Treizième	12
Quatorzième	10
Quinzième	8
Seizième	8
Dix-septième (préceinte)	12 *mm* + 12
Dix-huitième	8

Les virures inférieures de la teugue, qui sont le prolongement de la dix-septième virure, ont 8 *mm* et les virures supérieures 6 *mm* seulement.

Le premier plan du bordé extérieur aboutit sur l'étrave, dans une râblure, le second plan passe par-dessus et se rive sur l'étrave, en avant de la râblure. — L'étambot porte les râblures ordinaires.

Les cales, entre les rivures de recouvrement et les membrures, sont partout pleines. Celles de ces cales qui tombent sous les cloisons étanches excèdent la largeur des deux cornières de la cloison d'une quantité suffisante pour recevoir, du côté de la cornière étanche, un rang de rivets espacés comme ceux des couples non étanches.

A l'intérieur du bordé, il y a, autour des prises d'eau, un cadre en tôle de 8 *mm* présentant 0,20 *m* de largeur en haut, en dehors du manchon ; autant sur les côtés quand les membrures le permettent, et 0,50 *m* en bas avec rivetage étanche et matage sur le pourtour.

Au passage du manchon d'écubier, le bordé extérieur est doublé d'une tôle de 5 *mm*.

Carlingue centrale. — La carlingue centrale est ininterrompue sur toute la longueur; elle coupe partout les tôles varangues et les cloisons étanches transversales; son épaisseur varie de 14 à 10 *mm*.

La tôle carlingue est armée au can supérieur de deux cornières continues de 75 × 75 pesant 9,9 *kg*, avec couvre-joints de 0,60 *m* de longueur aux abouts; ces cornières sont interrompues par les cloisons étanches transversales, auxquelles elles sont attachées par de petites équerres.

Carlingues latérales ou lisses longitudinales. — Il y a deux lisses intercostales de chaque côté de la carlingue centrale.

Double fond. — Dans la partie centrale du navire, il règne un double fond appliqué sur les cornières des membrures des lisses longitudinales des soutes à charbon. La tôle a partout 8 *mm* d'épaisseur.

Le double fond est continu et passe sous les cloisons transversales.

Cloisons étanches de la cale. — Il y a dans la cale deux cloisons longitudinales et treize cloisons transversales étanches.

Les cloisons longitudinales de la cale coupent les cloisons transversales qu'elles rencontrent; leur virure inférieure, de 1 *m* de hauteur, a 10 *mm* d'épaisseur; leur virure supérieure, sous les barrots du pont blindé, a 8 *mm*, le reste est en tôle de 6 *mm*; il y a au pied et à la tête une cornière continue de 80 × 80 pesant 11,60 *kg*, avec couvre-joints aux écarts pour celle du pied; les intercostales étanches entre barrots du pont cuirassé sont en tôle de 8 *mm* avec cornières de 75 × 75 pesant 9,9 *kg*.

Les cloisons transversales sont en virures horizontales à franc bord, à simple rang de rivets, de 1,20 *m* de largeur environ.

Les cloisons partielles et étanches des soutes à charbon sont en tôle de 6 *mm* et elles portent toutes une ouverture munie d'une porte étanche.

Soutes à munitions. — Les cloisons des soutes à munitions sont en tôle de 6 *mm* et les montants d'assemblage sont en cornières de 70 × 60 pesant 6,75 *kg*.

Les soutes à poudres, à cartouches et à fulminates ont leurs murailles doublées, sur leurs faces apparentes par un bordé en bois de pin de 25 *mm*; ce doublage est cloué en cuivre sur des lambourdes en pin de 70 × 70 *mm*.

Cloisons de la tranche cellulaire. — Leur épaisseur varie de 6 à 10 *mm*. Les cloisons longitudinales ont une épaisseur variant de 5 à 8 *mm*.

Les assemblages des cloisons entre elles sont faits par des cornières de 60 × 60, pesant 6,17 *kg*: les cornières des pieds sont de 70 × 60, pesant 7,75 *kg*; les cornières de têtes sous le pont de la batterie sont également de 70 × 60, pesant 6,75 *kg* avec la grande panne horizontale.

Les grandes cloisons transversales, toutes percées dans le corridor d'un passage fermée par une porte étanche complète ou partielle sont doublées au-dessus et au-dessous de cette ouverture par une bande de tôle de 8 *mm*, de manière à compenser pour les deux tiers, l'affaiblissement produit par l'ouverture.

Dans les corridors règne un plancher en bois placé à peu près à la hauteur de la flottaison, destiné à rendre facile le remplissage des cofferdams; ce plancher est supporté par des bouts de cornières de 50 × 50 pesant 3,7 *kg*.

Détails des charpentes des ponts. — Le pont étanche qui reçoit le cuirassement a ses barrots recouverts d'un double bordé en tôle de 10 *mm* qui assure l'étanchéité de ce pont. C'est sur ce double bordé que se fixe une troisième tôle de 20 *mm*, réduite à 10 *mm* en abord, complétant le cuirassement.

Les joints longitudinaux des deux premiers plans de bordé sont disposés à se décroiser convenablement entre eux et avec ceux de la tôle cuirasse; les joints transversaux sont également décroisés avec soin.

Le double bordé est attaché à la muraille par une cornière continue de 150 × 150 pesant 28 *kg*, faisant le tour complet du navire, et sa panne verticale renversée se rive avec les bouts des fers en U des membrures.

La tôle supérieure de 20 *mm* s'étend de l'axe à la cloison intérieure du corridor; en abord de cette cloison, la tôle de 20 *mm* est remplacée par une tôle de 10 *mm* seulement qui forme la tôle gouttière et fait le tour du navire. Les joints transversaux de la tôle supérieure tombent sur les barrots.

Tous les panneaux d'aérage qui sont percés sur ce pont sont abrités sur leur pourtour par un plan incliné formant glacis composé de deux tôles de 25 *mm* d'épaisseur superposées. Il est supporté par des consoles en tôle de 8 *mm* armées de cornières de 70 × 60 pesant 7,75 *kg*.

Le pied des manches ne tombant pas dans une écoutille est protégé par des plans inclinés de 50 *mm* formant un tronc de cône ou de pyramide; ce socle est en acier, de plus, à la hauteur du pont blindé, les manches sont munies d'une vanne à coulisse se manœuvrent facilement, soit de dessus, soit de dessous du pont blindé.

Les panneaux qui sont percés au-dessus des soutes de cale sont tous étanches et recouverts d'une cuirasse mobile de la même épaisseur que le pont.

Les cloisons de la tranche cellulaire sont fixées, au pied, sur le pont blindé, par des prisonniers donnant un assemblage étanche,

Au-dessus de chaque machine, la distribution des tôles est faite de manière à laisser un panneau démontable pour l'embarquement des pièces de machine.

Le pont des gaillards et le pont de la batterie ont un bordé complet en tôle.

La virure de gouttière du gaillard a 10 *mm* et les autres 8 *mm* dans la partie centrale; ces épaisseurs diminuent aux extrémités. L'épaisseur du bordé est augmentée de quelques millimètres dans le voisinage des panneaux, afin de tenir compte de l'affaiblissement produit par les ouvertures.

La virure de gouttière du pont de la batterie a 8 *mm* et les autres virures ont toutes une épaisseur de 4 *mm*; partout les tôles de 4 *mm* sont zinguées.

Les tôles qui composent les bordés des ponts sont assemblées à franc bord et reliées entre elles par des bandes de couvre-joints longitudinales, à un rang de rivets, et des bandes d'abouts transversales à deux rangs de rivets. Tous les couvre-joints sont placés sur la face intérieure du bordé des ponts.

Le bordé du gaillard est attaché au revêtement extérieur par une cornière de 120 × 120 pesant 26 *kg* environ, continue partout où cela est possible et située tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du gaillard, suivant la disposition de la muraille.

La cornière intérieure de gouttière du gaillard et du pont de la batterie est une cornière continue de 70 × 60 pesant 7,75 *kg*.

Les abouts des tôles sont soigneusement croisés de façon que deux joints correspondants soient séparés, au moins, par trois ou quatre virures ininterrompues.

Barrotage. — Le barrotage du pont blindé est formé de fers en U de 235 × 90 pesant 28,5 *kg* dans la partie centrale et de 175 × 70 pesant 18,5 *kg* aux extrémités.

Les barrots de la batterie sont partout des fers en U de 175 × 70 pesant 18,5 *kg*; ils sont remplacés, au-dessus des cloisons transversales complètes de la tranche cellulaire, par les cornières de ces cloisons, et sont rivés sur les tôles des cloisons transversales partielles de la tranche cellulaire, auxquels ils servent de cornière supérieure.

Les barrots du gaillard sont en U de 200 × 80 pesant 21,74 *kg*; ceux qui tombent sous le canon de 32 *cm* sont renforcés de deux cornières de 80 × 80 pesant 10,60 *kg*; la cornière inférieure forme un talon qui relie le barrot à la membrure de cette partie.

Les barrots de la plate-forme avant et arrière sont en général des U de 140 × 60 pesant 13,30 *kg*.

Les barrots qui supportent, dans la tranche cellulaire, les planchers des soutes à vivres, à torpilles, etc., sont des cornières de 70 × 60 pesant 7,75 *k*.

Les barrots du château central de la teugue sont en fer en U de 140 × 60 pesant 13,20 *kg*.

Détails divers. — Les surbaux ou les entourages en tôle du pont des gaillards ont 10 *mm* d'épaisseur et 0,60 *m* de hauteur; ils sont arrondis aux angles et fixés sur le bordé du pont à l'aide d'une cornière de 75 × 75 pesant 8,85 *kg*.

Les panneaux étanches à air pour le tirage forcé, sur le pont blindé, sont formés d'une tôle de 12 *mm* d'épaisseur et d'une cornière d'encadrement de 30 × 30 pesant 1,33 *kg*, chacun de ces panneaux est fixé au pied de la cloison intérieure du cofferdam de la grande écoutille, au moyen d'un certain nombre de charnières.

Les caillebotis de ces panneaux d'aération sont en tôle de 14 *mm* poinçonnée ou en rondins de fer, de manière à laisser autant de clair qu'un caillebotis ordinaire.

Il y a, dans la tranche cellulaire et au-dessus de chaque machine, un panneau démontable pour l'embarquement des pièces de machines.

Ces panneaux sont limités latéralement par le prolongement des cloisons intérieures des cofferdams intérieurs. La partie du glacis et des cloisons comprise entre ces deux cloisons longitudinales est toute démontable à volonté.

Les barrots de ces panneaux et ceux correspondants qui se trouvent au-dessus sont coupés; leurs deux parties sont réunies à travers les écoutilles par un bout en fer en U de mêmes dimensions.

Les barrots formant la face d'un panneau dont les ailes sont coupées sont renforcés sur la face opposée par un bout de fer en U de mêmes dimensions croisant les parties intactes du barrot sur une longueur de 0,60 *m*.

Épontillage. — Les épontillages sont en fer creux et portent au pied et à la tête des bagues ou des pièces de fer forgé selon le cas; l'assemblage au pied est fait directement sur les barrots ou le bordé en tête, sans interposition du bordé en bois; les dimensions sont les suivantes :

	Diamètre extérieur	Poids du mètre courant
Cale.	14 *cm*	45,9 *kg*
Batterie	10	22,0
Dunette et teugue. .	8	14,1

Pavois et bastingages. — Les montants de pavois du gaillard sont formés de deux en deux par une cornière extérieure de 60 × 60 pesant 6,17 *kg* et une cornière intérieure de 50 × 60 pesant 4,41 *kg*.

Les montants intermédiaires sont formés d'une simple cornière de 60 × 60 pesant 6,17 *kg*.

Les bastingages sont en tôle zinguée de 2,5 *mm* avec cadres en cornières de 30 × 30 pesant 1,33 *k*, espacées de 1,50 *m*; des lattes en bois sont fixées les unes sur le fond longitudinalement entre les cornières, les autres verticalement sur les pavois à 0,50 *m* les unes des autres.

Muraille du château central. — La muraille du château central est formée par un bordé extérieur de 8 *mm* doublée avec une tôle de 8 *mm* dans la partie où elle est exposée au vent du canon de 32 *cm*. Ce bordé est appliqué sur les montants en cornière dont il est question plus haut. La muraille porte des bastingages semblables aux autres.

Tourelle. — Les plaques qui composent le cuirassement de la tourelle ont une épaisseur constante de 300 *mm* environ; elles sont en acier du Creusot; elles sont appliquées sur un double bordé en tôle et tenues à l'aide de boulons.

Le double bordé sur lequel les plaques sont fixées est formé de deux plans de tôle superposés de 15 *mm* d'épaisseur chacune.

Ces tôles, en une seule pièce de hauteur, ont, dans le sens du cintre la plus grande longueur possible; les joints se décroisent, et les deux plaques se servent mutuellement de couvre-joints à deux rangs de prisonniers.

Les tôles du bordé sont fixées à la plate-forme fixe par deux cornières de 120 × 120 pesant 24 *kg*.

La plate-forme de la tourelle fixe repose sur le tube central fixe qui lui-même est armé de cloisons rayonnantes entières ou partielles. Elle est constituée par deux plans de tôles de 15 *mm* d'épaisseur allant de la face intérieure du tube central jusqu'à 12 *cm* en dehors de la surface extérieure de la tourelle.

La tourelle est encastrée dans le pont supérieur et le bordé du pont vient se fixer sur la cuirasse de la tourelle au moyen d'une cornière fixée à celle-ci par des prisonniers.

Charpente du support de la tourelle. — La charpente du support de la tourelle se compose :

1° D'un support cylindrique tombant à l'aplomb de l'axe des galets et reposant sur le pont blindé. Ce support est formé de deux plans de tôle de 12 *mm* d'épaisseur chacun se servant mutuellement de couvre-joint, il est fixé à la tête sur la plate-forme fixe de la tourelle au moyen de deux cornières concentriques de 120 × 120 pesant 24 *kg*, et à son pied sur le pont cuirassé au moyen de deux cornières également concentriques de 120 × 120 pesant 24 *kg*.

2° Ce support cylindrique est relié au tube-passage des projectiles au moyen de six cloisons rayonnantes en tôle de 10 *mm* d'épaisseur armées de cornières de 80 × 80 pesant 11,6 *kg*. Ces cloisons sont rivées à la tête à la plate-forme fixe de la tour et au pied sur le pont cuirassé.

3° A l'extérieur du support cylindrique, il y a des armatures rayonnantes en tôles et cornières s'épanouissant à la tête en forme de consoles qui supportent la cuirasse de la tourelle; elles sont reliées en haut à la plate-forme fixe de la tourelle et en bas au pont cuirassé. Les tôles de ces supports ont 10 *mm* d'épaisseur et les cornières 80 × 80 pesant 11,6 *kg*.

4° La cloison du couple n° 61 traverse le support cylindrique dans la tranche cellulaire; elle a, à cet effet, une épaisseur de 10 *mm* et est convenablement renforcée par des montants en cornières de 75 × 75 pesant 8,46 *kg*.

5° Les barrots du pont de la batterie ne traversent pas le support cylindrique, ils viennent au contraire buter contre ce support et le bordé en tôle de ce pont est assemblé avec le support au moyen d'une cornière de 80 × 80 pesant 11,6 *kg*.

Tube de passage des munitions. — Le tube-passage des munitions qui est cuirassé, a un diamètre intérieur de 1,86 *m*. Il est formé d'une tôle de 14 *mm* d'épaisseur placée à l'intérieur de la cuirasse et relié au bordé du pont cuirassé et à la plate-forme fixe de la tour par des cornières de 120 × 120 pesant 24 *kg*.

Entre le pont cuirassé et le dessous du tube cuirassé est interposée une rondelle en acier Creusot de 3 *cm* d'épaisseur débordant la surface extérieure du tube de 25 *cm* environ.

Les plaques de cuirasse qui recouvrent le tube protégeant le passage des munitions ont une épaisseur de 250 *mm* environ; elles sont appliquées sans interposition de matelas sur le revêtement en tôle du tube.

Dans le sens du cintre, il y a quatre virures d'égale largeur; dans le sens de la hauteur les virures sont d'une seule pièce.

Ces plaques ne sont pas boulonnées avec le tube central en tôle, mais elles sont tenues par une chemise extérieure en tôle de 14 *mm* d'épaisseur. Cette chemise est en deux pièces, embrassant chacune la demi-circonférence du tube, et réunies ensemble à l'aide de deux fortes cornières verticales boulonnées l'une avec l'autre.

Les plaques sont ainsi emprisonnées entre deux enveloppes continues, une intérieure formée par le tube, et une extérieure formée par la chemise.

Abri du commandant. — L'abri du commandant est formé de deux tours concentriques. La première est en plaques de cuirasses de 100 *mm* d'épaisseur, appliquées sur une muraille constituée par deux plans de tôles de 10 *mm* chacune avec un chapeau de 25 *mm*; elle a une hauteur de 2,50 *m*. La cloison extérieure est simplement une tôle de 25 *mm* avec un chapeau de 10 *mm*.

L'intervalle compris entre les deux tours est de 30 *cm*; il est disposé pour recevoir au besoin des hamacs.

Encorbellements des gaillards. — Les encorbellements sont formés par une tôle de 10 *mm* appliquée sur la préceinte horizontalement à la hauteur du pont des gaillards supportée par des consoles en tôle de 6 *mm* et fixée avec cadre en cornière de 60 × 60 pesant 6,17 *kg*.

Coque bois. — Le pont des gaillards en teak a 60 *mm* d'épaisseur. La batterie en pin, les plates-formes avant et arrière en pin ont 60 *mm* et le pont du château central et du gaillard avant, en teak, a 60 *mm* d'épaisseur.

Emménagements.

Les emménagements comprennent :

Sous le Château central :

Les appartements du commandant composés d'un salon, d'une chambre à coucher; d'un cabinet de travail, d'une salle de bains avec water-closets.

La chambre du second.
Une chambre d'officier.
La chambre du commissaire.
Le bureau du commissaire.
Les bains des officiers.
Le water-closet des officiers.
L'office des officiers.
Le carré des officiers.

Sous le gaillard d'avant :

Un carré pour les maîtres.
Une chambre pour quatre maîtres.
Une chambre pour un maître.
Un bain pour les maîtres.
Un water-closet pour les maîtres.
Un hôpital contenant quatre couchettes et une pharmacie.

Dans la batterie :

1° L'appartement de l'amiral est composé de : un salon, une salle à manger, une chambre à coucher, un cabinet de travail, une salle de bains, un water-closet, une office.
2° Une chambre pour le chef d'état-major.
3° Un cabinet de travail.
4° Six chambres pour officiers supérieurs.
5° Une bouteille pour officiers supérieurs.
6° Une salle de bains pour officiers supérieurs.
7° Un carré pour officiers supérieurs.
8° Une office pour officiers supérieurs.
9° Six cabines d'officiers.
10° Deux cabines, à deux officiers chacune.
11° Les bains des officiers.
12° Deux water-closets pour les officiers.

13° Deux water-closets pour les élèves.

14° Un lavabo pour les élèves et les mécaniciens.

15° Une office pour les élèves avec laverie, une caisse à eau douce et un filtre.

16° Un poste pour quinze élèves.

17° Un poste pour dix élèves mécaniciens.

Toutes les cloisons transversales des emménagements de l'entrepont sont en tôle ondulée et zinguée de 1,5 *mm* d'épaisseur. Les cloisons longitudinales en tôle plane de 2 *mm* d'épaisseur, également zinguée.

Sur la passerelle. — Il est établi sur la passerelle, à l'arrière du réduit du commandant, une cabine de veille en teak.

Poste de l'équipage. — Le poste de l'équipage, situé dans la batterie, renferme des tables et bancs en nombre suffisant pour 382 hommes; il contient les crocs à hamacs et les casiers pour les effets des hommes.

Chauffage. — Un bon chauffage a été installé.

Soutes diverses de l'entrepont cellulaire. — Les soutes diverses de l'entrepont cellulaire, autres que les soutes à charbon, qui sont destinées à recevoir des objets d'approvisionnement des différents maîtres ou des vivres, sont, là ou c'est nécessaire pour la préservation du matériel ou des vivres, lambrissées en pin de 15 *mm* d'épaisseur. Les planches de ces lambrissages sont clouées sur des lambourdes en pin de 70×40, attachées sur les montants verticaux des cloisons. Ce lambrissage est plein ou à claire-voie, suivant le cas.

Ces diverses soutes sont munies des étagères, caissons et armoires nécessaires à l'arrimage du matériel.

Les emménagements des soutes sont faits suivant les usages de la marine japonaise.

Bains des chauffeurs. — Dans la tranche cellulaire, il est établi un bain pour les chauffeurs.

Soutes à munitions. — Les soutes à munitions ont un brissage de 25 *mm* d'épaisseur en pin.

Les soutes à obus sont également revêtues en pin de 30 *mm* seulement dans les parties occupées par les obus.

Puits aux chaînes. — Les puits aux chaînes sont garnis de caillebotis en fer, et sont munis de robinets de vidange.

Mâture. — Le navire est muni d'un seul mât en tôle dont le pied s'arrête au pont cuirassé.

Ce mât est en tôle d'acier de 10 *mm* d'épaisseur en quatre virures disposées à recouvrement; les virures de l'arrière et de l'avant sont en saillie et celles de tribord et bâbord en creux.

Il a 1 *m* de diamètre au pont des gaillards et 0,75 *m* à l'extrémité; il est renforcé par quatre T en acier de 100 × 70 pesant 10 *kg*; il est doublé d'un collier en tôle de 8 *mm* au point d'appui de la corne pour manœuvrer les embarcations.

Il sert de conduit de sortie d'air vicié pour les deux compartiments des machines et de conduit des munitions aux hunes pour le canon-revolver et les mitrailleuses.

Il est tenu par deux arcs-boutants en tôle de 6 *mm* et de 250 *mm* de diamètre, les joints sont à franc-bord avec deux rangs de rivets aux abouts, les couvre-joints ont 2 *mm* d'épaisseur de plus que les tôles à réunir et sont placés intérieurement.

Il est muni de deux hunes circulaires avec pavois en tôle d'acier chromé de 6 *mm*.

Les pavois des hunes sont renforcés à la partie supérieure par une bande en tôle de 10 *mm* et un fer demi-rond.

La hune inférieure reçoit des canons à tir rapide, la hune supérieure porte des mitrailleuses.

La hune inférieure a un diamètre de 4 *m* avec pavois de 1,75 *m* de haut, la hune supérieure a un diamètre de 2,30 *m* avec pavois de 1,35 *m*.

La distance entre les planchers des deux hunes est de 3,30 *m*.

Le mât porte deux cornes et une vergue.

Un de ces trois espars manœuvrant les embarcations est en tôle, les deux autres sont en bois.

La vergue a une voile de fortune, la corne arrière une voile goélette, la corne avant sert de mât de charge pour mettre au poste les embarcations qui se trouvent par le travers du mât.

La vergue et les deux cornes sont munies de palans, drisses et poulies nécessaires à leur manœuvre.

Enfin, le bas-mât porte une gaule pour signaux et paratonnerre.

Le mât sert à hisser les munitions aux hunes; à cet effet, il porte une ouverture correspondant à la batterie par laquelle passent les munitions qui sont élevées à la hauteur de la hune au moyen d'un cartahu.

Armement fixe ou accessoires de coque.

Mouvement du gouvernail. — Le gouvernail a les échantillons indiqués précédemment, la barre qui le manœuvre est calée sur une mèche intermédiaire, actionnant celle du gouvernail par l'intermédiaire de deux bielles en fer forgé.

Cette barre est manœuvrée par un appareil à gouverner à vapeur, système Stapfer de Duclos. Cet appareil est placé au-dessous du pont cuirassé à l'arrière, il porte, outre son manipulateur à vapeur, trois roues à manettes permettant, à l'aide d'un débrayage, d'actionner à bras le gouvernail en cas d'avarie de l'appareil à vapeur.

Le gouvernail peut aussi être actionné à bras, par un système de roues à manettes, placé sur le dessus du château central et actionnant directement l'arbre du tambour; sur lequel vient s'enrouler la drosse par l'intermédiaire d'une chaîne Galle.

Le servo-moteur peut être commandé aussi à l'aide d'un manipulateur placé dans l'abri du commandant, conjugué lui-même avec un second manipulateur placé sur la passerelle de route; tout cet ensemble met en mouvement un petit servo-moteur auxiliaire placé à l'abri du pont cuirassé et qui sert à transmettre le mouvement au servo-moteur arrière.

Les transmissions de ces manipulateurs sont installées à l'abri du pont cuirassé.

Les drosses du gouvernail sont en chaîne.

Le frein à friction est placé sur la mèche intermédiaire et manœuvré par un volant placé dans la chambre du servo-moteur.

La mèche du gouvernail porte à sa partie supérieure, une partie hexagonale sur laquelle on vient capeler une barre à douille devant servir de barre de combat. Cette barre est manœuvrée à l'aide de palans actionnés à bras.

Manœuvre des ancres. — Les appareils destinés à la manœuvre des ancres comprennent :

1° Un guindeau-cabestan à vapeur placé dans la batterie avec la cloche du cabestan sur le pont supérieur;

2° Quatre conduits de puits aux chaînes en fonte;

3° Quatre étrangloirs à lunette pour les chaînes des ancres de veille;

4° Deux linguets à pied de biche en fonte pour les chaînes des ancres des bossoirs ;

5° Quatre écubiers en fonte ;

6° Deux bittes d'amarrage en fonte ou en tôle ;

7° Deux bossoirs de capon ;

8° Trois mouilleurs pour ancre de poste et ancre de veille.

Cabestan de touage. — Il y a dans la batterie à l'arrière un petit cabestan à bras pour le touage du navire.

Système d'épuisement du navire et tuyautages divers. — L'épuisement de l'eau dans le corridor de la tranche cellulaire et dans les cales s'effectue à l'aide d'un collecteur en tôle zinguée de 5 *mm* d'épaisseur et dont le diamètre varie de 200 à 360 *mm*.

Épuisement des compartiments de la cale. — Le collecteur de 360 *mm* est placé dans le double fond ; les tuyaux de 200 *mm* sont placés autant que possible dans les varangues. Ils sont mis en communication avec les divers compartiments de la cale compris entre les cloisons étanches transversales par des soupapes de 200 *mm* de diamètre se manœuvrant de la batterie.

Épuisement des compartiments de la tranche cellulaire. — L'épuisement des compartiments des corridors dans la tranche cellulaire est effectué au moyen de tuyaux en cuivre de 120 *mm* de diamètre au nombre 34, soit 17 de chaque côté, allant du corridor au drain ; l'orifice supérieur est fermé par une vanne de dimensions en rapport avec le tuyau qu'elle obture.

Chaque cellule de la tranche cellulaire est munie d'une vanne ou d'un robinet de section pouvant être manœuvré de la batterie et permettant la communication avec le compartiment voisin ; ce dernier lui-même communique avec un autre, afin qu'on puisse mettre tel ou tel compartiment en communication avec les corridors.

Assèchement des cellules du double fond. — Chaque cellule du double fond est munie d'une tape à vis destinée à l'introduction d'une manche mobile en cuir permettant l'assèchement à l'aide d'une pompe mobile à bras.

Appareil servant à épuiser le collecteur. — Les appareils qui aspirent dans les collecteurs sont :

	Débit par heure.	Total.
	tx	*tx*
1 grande pompe Thirion	500	500
2 éjecteurs.	250	500
2 petits chevaux	20	40
2 petits chevaux	10	20
1 pompe à bras 30 *cm*.	60	60
3 pompes à bras 12 *cm*	4	12
		1 132

Appareils pour incendie et lavage. — Les pompes à bras et les 2 *ch* de 20 *tx* qui reçoivent de la vapeur de la petite chaudière sont installés en but d'incendie et de lavage.

Les pompes de circulation des machines et les pompes de cale ont une aspiration à la cale au-dessus du double fond.

Les cloisons étanches qui séparent les divers compartiments des machines et chaudières sont munies de panneaux vitrés fixes, assez solides pour résister à la pression de l'eau qui envahirait un compartiment.

Dalots. — Pour le service ordinaire, il y a environ 34 dalots intérieurs déversant les uns directement à la mer, les autres dans le drain placé sous le double fond.

Passerelle. — Il y a au-dessus du pont des gaillards une passerelle supportée, en abord, par les cabines contenant les corneaux de l'équipage et par une série de barrots en **u** en acier de 140 × 60 pesant 13,29 *kg*. Tous ces barrots sont épontillés partout où il est nécessaire.

Cette passerelle est garnie, sur tout son pourtour, par des bastingages destinés à recevoir les hamacs des hommes; elle est également garnie des montants de tentes nécessaires.

Sur cette passerelle sont installés :

1° La cabine des cartes en teak avec cloisons vitrées sur tout le pourtour;

2° L'abri du commandant précédemment décrit.

Dans cet abri, il y a un manipulateur du gouvernail, un transmetteur d'ordres à chaque machine.

Les porte-voix communiquant avec les diverses parties du navire, telles que chambres des machines motrices, tourelle, batterie, soutes à munitions, chambres des torpilles, etc.

Passerelle supérieure. — Il y a une seconde passerelle au-dessus de l'abri du commandant à laquelle on accède par deux échelles venant de la passerelle basse. Cette seconde passerelle est munie de montants de garde-corps en cuivre jaune et montants de tentes nécessaires; il y a un manipulateur pour le gouvernail et deux projecteurs pour la lumière électrique.

Cette passerelle a également des porte-voix.

Les épontilles et garde-corps des échelles de passerelles sont en cuivre jaune.

Montants de garde-corps. — Sur le pont des gaillards, dans toute la partie soumise au souffle de la pièce de 32 *cm*, il y a des montants de garde-corps en fer installés à rabattre; ils sont traversés par deux filières en chaîne convenablement raidies.

Sur le château central, il y a également des garde-corps en fer zingué fixes avec tringles et main-courante en bois de teak.

Sur l'arrière du château central, les montants de garde-corps sont fixés avec main-courante en bois, le canon de 32 *cm* tire par dessus le garde-corps. A l'extrémité arrière, ces montants de garde-corps sont à rabattre.

Treuil à vapeur et mât de charge. — Il y a un treuil à vapeur de 3 000 *kg* au pied du mât; ce treuil sert à volonté, soit à hisser les embarcations, soit à hâler le navire; à cet effet, il est muni de deux fortes poupées et d'un tambour sur lequel s'enroule une chaîne de charge de 18 *mm* de diamètre.

Le mât est pourvu, sur l'avant, d'un mât de charge assez fort pour pouvoir embarquer le canot à vapeur; ce mât est muni des poulies de tête et de pied, ainsi que des chaînes de suspente et des palans de garde.

Portemanteaux. — Il y a quatre portemanteaux pour les deux yoles de service, ces portemanteaux sont en fer forgé; ils sont munis des palans, moustaches, colliers et crapaudines nécessaires.

Supports de feux de position. — Les feux de position sont placés de chaque côté de la passerelle haute; ils sont installés de façon à pouvoir être rentrés et munis d'un écran en tôle de 900 *mm* de longueur.

Paratonnerre. — Le mât porte à la partie supérieure un paratonnerre en cuivre avec pointe en platine, muni d'une chaîne en filin de cuivre qui descend jusqu'à la mer.

Tangons. — Il y a de chaque côté du bâtiment et par le travers de la cheminée un tangon muni de palans et échelles nécessaires.

Bastingages. — Les bastingages pour hamacs sont installés sur le pavois tout autour du pont supérieur, et sur la passerelle basse, ils sont confectionnés en tôle zinguée de 2,5 *mm* d'épaisseur.

Casiers à sacs de l'équipage. — Les casiers à sacs de l'équipage sont situés dans la batterie, de chaque côté du passage de la grande cheminée; ils sont sur trois rangs et confectionnés en tôle zinguée de 1 *mm* d'épaisseur.

Portes étanches. — Les passages percés dans les cloisons étanches, tant dans la cale que dans la tranche cellulaire, ont tous une porte étanche, les dimensions de ces passages varient suivant les localités. Ils ont :

1,300 *m* × 0,650 *m* pour la cale;
1,300 *m* × 0,600 *m* pour les corridors;
0,900 *m* × 0,500 *m* pour les soutes à charbon.

Les portes sont munies, sur leur pourtour, d'une bande de caoutchouc de 0,050 *m* × 7 tenue entre deux lattes en fer et qui vient se serrer contre un fer mi-rond fixé sur la cloison, le serrage se fait à l'aide de taquets à plan incliné.

Les trous d'hommes percés dans les cloisons de la tranche cellulaire, ainsi que ceux percés dans les cloisons de la cale, ont 500 × 450 et portent une fermeture étanche à charnières, analogue à celle des autres cloisons.

Sabords d'artillerie. — Les sabords pour canons de 12 *cm* de la batterie sont munis de mantelets en tôle; ces mantelets sont en deux parties, dans le sens de la hauteur; leurs dimensions sont réglées de façon à assurer un pointage horizontal de 51° de chaque coté de la perpendiculaire au plan diamétral, et un pointage vertical de 28° positif et de 10° négatif.

Ils sont munis d'une garniture en cuir et de tire à bord nécessaires pour en assurer la bonne fermeture et l'étanchéité.

Déversoirs à escarbilles. — Il y a, dans chaque chambre de chauffe, une manche destinée à hisser les escarbilles; à chaque manche correspond un déversoir débouchant à 0,50 *m* ou 0,60 *m* au-dessus de la flottaison en charge.

Appareils auxiliaires. — Le navire est pourvu des appareils auxiliaires suivants :

1° Une petite chaudière munie d'un petit cheval spécial ayant les dimensions principales suivantes :

Diamètre.	1,67 *m*
Longueur	2,45 *m*
Surface de chauffe	26 *m²*

2° Une pompe Thirion pouvant donner 500 *tx* à l'heure ;

3° Deux éjecteurs Friedman pouvant donner 250 *tx* à l'heure ;

4° Une petite pompe Thirion de 30 *tx* pour lavage et incendie ;

5° Une pompe à bras de 30 *cm*, à deux corps, pouvant être actionnée par le treuil à vapeur servant à hisser les embarcations ;

6° Trois pompes à un corps de 12 *cm* ;

7° Deux treuils à escarbilles, système Stapfer de Duclos ;

8° Un servo-moteur pour le gouvernail déjà indiqué avec les manipulateurs ;

9° Un treuil à vapeur sur le pont supérieur pour hisser les embarcations ;

10° Une machine Gramme avec deux projecteurs ;

11° Deux compresseurs et un accumulateur pour le service des torpilles.

Armement mobile

Ancres et chaînes. — Il y a :

2 ancres de bossoir de 3 500 *kg*, jas compris.

1 ancre de rechange de 4 000 *kg*, jas compris ;

2 ancres à jet de 1 100 *kg*, jas compris.

4 chaînes câbles de 48 *mm* de diamètre et 180 *m* de longueur chacune, fractionnées en bouts de 30 *m* de longueur.

Caisses à eau. — Il y a 16 caisses à eau pouvant contenir, chacune, 2 000 *l* d'eau douce ; ces caisses sont en tôle de fer non zinguée.

Elles sont munies de trous d'homme de visite et de soupapes de vidange.

L'eau douce est aspirée par deux pompes à bras de 12 *cm*.

Appareil distillatoire. — Il y a un appareil distillatoire système Perroy, capable de produire 4 000 *l* d'eau douce par 24 heures. L'eau produite est déversée dans une caisse spéciale d'où elle est puisée par une pompe de 12 *cm*.

Embarcations. — Les embarcations sont au nombre de 9, savoir :

1 canot de 10, 40 *m* pour l'amiral ;
1 yole de 8, 20 *m* pour le commandant ;
2 yoles de 8, 20 *m* pour les officiers ;
2 canots de service de 8, 50 *m* ;
1 chaloupe de 9 *m* ;
1 canot à vapeur en acier, de même force que ceux de la marine française, installé en sauvetage de 8, 85 *m* ;
1 youyou de 4, 30 *m*.

Cuisines. — Les cuisines sont installées sur le pont supérieur, dans le roof en tôle.

Il y a 4 cuisines :

1 pour l'amiral et son état-major ;
1 pour les officiers ;
1 pour les maîtres ;
1 pour l'équipage ;
1 four à cuire le pain.

Appareils moteurs

Les appareils moteurs comprennent :

1° Deux machines principales, indépendantes et symétriquements placées, actionnant chacune une hélice.

Ces machines à action directe, et légèrement inclinées, peuvent fonctionner soit à double, soit à triple expansion ;

2° Deux appareils de servitude, un par machine principale. Chaque appareil comprend deux cylindres inégaux, verticaux, actionnant une pompe à air, deux pompes alimentaires et une pompe de circulation ;

3° Deux pompes de cale à vapeur, système Thirion ;

4° Deux machines spéciales pour faire virer à froid les deux machines principales, une par machine ;

5° Quatre machines à deux cylindres inégaux actionnant chacune un ventilateur pour l'aération des chambres de chauffe et pour le tirage en vase clos ;

6° Six corps de chaudières à trois foyers avec enveloppes calorifuges, cheminées, accessoires ;

7° Quatre machines alimentaires ;

8° Un appareil distillatoire ;

9° Outillage et rechanges.

Les appareils ainsi composés, fonctionnant à triple expansion, développent une puissance collective (machines principales et de servitude) de 600 à 1 400 *ch* de 75 *kgm* sur les pistons.

Les appareils fonctionnant à double expansion, avec le tirage naturel, les panneaux ouverts et les ventilateurs ne marchant que pour suppléer à l'insuffisance des sections de panneaux, réalisent une puissance collective de 3 410 *ch*, dont 10 pour les ventilateurs.

Avec un tirage en vase clos permettant de brûler au plus 200 *kg* de charbon (briquettes d'Anzin) par mètre carré de grille, la puissance des machines principales et de servitude est au moins de 5 400 *ch*, non compris 70 *ch* pour les ventilateurs.

En activant davantage le tirage, les appareils sont susceptibles de développer une puissance notablement plus grande.

Dispositions générales des machines

Les deux machines principales, indépendantes et symétriques, actionnent chacune une hélice.

Chaque machine est composée de trois cylindres, légèrement inclinés, commandant directement l'arbre moteur; elle peut fonctionner, soit à double, soit à triple expansion.

Dans le premier cas, la vapeur venant des chaudières est introduite dans les deux premiers cylindres, se détend dans le troisième et de là évacue dans le condenseur. Dans le deuxième cas, la vapeur venant des chaudières est introduite dans le premier cylindre, se rend dans le deuxième, puis dans le troisième, et de là évacue dans le condenseur.

Cylindres. — Les trois cylindres d'une machine forment un groupe très rigide, reposant sur de fortes carlingues, et sont puissamment reliés au bâtis, portant les arbres moteurs, par des tirants formant entretoises par les glissières et par des longrines en acier coulé. Les cylindres sont garnis de chemises en fonte dure, rapportées formant des enveloppes de vapeur. Les enveloppes du petit et du moyen cylindre sont alimentées directement par la vapeur des chaudières; celle du grand cylindre par l'intermédiaire d'un détendeur qui ramène la pression de la vapeur des chaudières à 4,50 *kg*. Les cylindres sont munis de soupapes de sûreté, de robinets de purge, d'appareils de graissage, d'installations pour recevoir les indicateurs. Les grands cylindres sont munis de trous de visite et de trous d'homme.

Les presse-étoupes des tiges de pistons sont disposés de façon qu'on puisse serrer tous les écrous à la fois en agissant avec une seule clef.

Ces cylindres, couvercles, les boîtes à tiroirs et, en général, toutes surfaces chauffées par la vapeur sont enveloppés de matières non conductrices et recouverts de bois ou de tôle.

Diamètre d'un petit cylindre	0,39 *m*
— d'un moyen —	0,62
— d'un grand —	1,44
Course commune	1,00

Les divers robinets de purge sont munis de renvois de mouvement permettant de les manœuvrer du parquet de la machine ou d'un endroit facilement accessible, situé dans le voisinage des organes commandant les diverses manœuvres.

Les purges des cylindres de toutes les machines sont installées de manière à permettre de purger à volonté, à la cale ou aux condenseurs.

Afin de ne pas perdre d'eau douce, toutes les purges à la cale sont envoyées dans une caisse d'eau, dans laquelle on fait puiser un tuyau greffé sur l'aspiration d'une des pompes alimentaires; cependant, le tuyautage est toujours disposé de manière à pouvoir purger au besoin directement à la cale.

Tiroirs. — Les tiroirs en fonte, à grain fin, de qualité supérieure, sont circulaires pour les petits et les moyens cylindres; du système ordinaire avec compensateur, et à double orifice pour les grands cylindres; ils sont conduits par des coulisses Stephenson qui peuvent être actionnées soit à bras, soit à vapeur.

Pistons. — En acier coulé, avec bagues en fonte et garnitures métalliques. Les écrous des couronnes de pistons sont en bronze et maintenus avec des freins ou goujons.

Les tiges des pistons sont en acier forgé avec double presse-étoupes; celles des grands pistons sont prolongées par des fourreaux en fonte, afin que ces pistons soient mieux supportés.

Des dispositions sont prises pour que l'on puisse serrer les presse-étoupes sans stopper les machines.

Condenseurs. — Au nombre de deux (un par machine principale).

Enveloppe cylindrique en laiton et plaques de tête en bronze de 30 *mm* d'épaisseur.

Les tubes en laiton de 1 *mm* d'épaisseur présentent, pour chaque condenseur, une surface réfrigérante de 430 m^2 environ, soit 860 m^2 pour l'ensemble.

Ils sont disposés pour que les tubes puissent être facilement garnis par chaque extrémité et enlevés sans qu'il soit nécessaire de démonter une partie quelconque des machines, qui ne puisse être déplacée et replacée avec facilité. Des trous de visite sont pratiqués pour permettre d'examiner l'état des tubes. En outre, il y a des robinets dans le but de vider l'eau de circulation quand les machines ont stoppé.

Les tubes sont en laiton étamés intérieurement et extérieurement; ils contiennent 70 °/₀ de cuivre. Les tubes sont assemblés avec les plaques par des garnitures serrées par des presse-étoupes à vis et à chapeau.

Sur chaque condenseur, un baromètre Bourdon est installé pour indiquer le vide.

Il y a, pour chaque condenseur, un tuyau d'injection permettant à l'occasion de faire fonctionner à petite allure le condenseur par mélange.

On peut envoyer aux condenseurs la vapeur en excès pendant le stoppage et renvoyer aux chaudières l'eau condensée produite dans ces conditions.

Appareils de servitude. — Il y a deux appareils de servitude, un par machine principale. Chacun d'eux est composé d'une machine à deux cylindres, verticaux, du type compound, actionnant une pompe à air, deux pompes alimentaires et une pompe de circulation.

Ces machines évacuent dans le condenseur correspondant.

Pompes à air. — Elles sont au nombre de deux, une par machine principale. Ces pompes sont verticales, à trois clapets, chacune d'elles est menée par un appareil dit de servitude.

Diamètre d'une pompe	0,78 *m*
Course	0,34

Elles sont garnies de chemises en bronze et pourvues de portes pour la visite des clapets de pied.

Les sièges des clapets, en bronze, sont disposés pour recevoir des clapets en caoutchouc.

Le fourreau et les écrous, exposés à l'eau de mer, sont en bronze.

Pompes alimentaires. — Au nombre de quatre, deux par machine principale; elles sont légèrement inclinées sur la verticale et sont actionnées, deux par deux, par les appareils dits de servitude.

Diamètre d'une pompe.	0,154 *m*
Course.	0,20

Corps de pompe, pistons, boîtes à clapet et réservoir d'air en bronze.

Des robinets ou soupapes convenablement disposés permettent de visiter les clapets en marche.

Des manomètres sont installés sur les pompes alimentaires; ils sont gradués au double de la pression des chaudières.

Pompes de circulation. — Au nombre de deux, une par machine principale; elles sont actionnées par les appareils dits de servitude; disque en bronze; tuyaux en cuivre.

Ces deux pompes peuvent débiter, en aspirant à la mer 3 000 m^3 par heure et au delà. Si, au lieu d'aspirer à la mer, les deux pompes de circulation aspirent à la cale par des tuyaux spécialement disposés à cet effet, elles peuvent débiter ensemble 2 000 m^3 par heure et plus.

Pompes de cale. — Il y a deux pompes de cale à vapeur, indépendantes, une par chambre de machines; le débit de chacune d'elles est de 30 000 *l* à l'heure.

L'une des pompes de cale peut aspirer dans le tuyau principal du drain.

Bâtis. — Les bâtis, qui supportent les arbres moteurs sont généralement en acier coulé, solidement fixés aux carlingues; ils sont reliés aux cylindres par des tirants formant entretoises, par les glissières et par des longrines en acier coulé.

Mouvements des tiroirs. — Pour chaque tiroir de distribution, deux excentriques réunis par une coulisse, lincks et tiges de tiroir en acier doux.

Grandes bielles. — En acier doux, coussinets de tête en bronze garni de métal blanc ou antifriction; coussinets de pied en bronze garni ou non garni de métal blanc ou antifriction.

Mise en train. — La mise en train de chacune des machines principales se fait au moyen d'un appareil à vapeur à deux cylindres, du système de la Compagnie des Forges et Chantiers.

Elle peut aussi se faire à bras.

Arbres et paliers. — Pour chaque machine principale, l'arbre moteur se compose de deux arbres, l'un à un coude et l'autre à deux coudes, tous deux en acier doux et réunis par des plateaux venus de forges. Les arbres sont forés.

Diamètre aux tourillons de l'arbre coudé avant, 290 *mm*, foré à 115 *mm*.

Diamètre aux tourillons de l'arbre coudé arrière, 320 *mm*, foré à 148 *mm*.

Les lignes d'arbres sont également composées d'arbres creux en acier doux à plateaux de jonction fixes.

Diamètre aux paliers 310 *mm* foré à 140 *mm*.

L'arbre porte-hélice, en acier doux et en une seule pièce, est creux.

Diamètre extérieur	320 *mm*
— intérieur	148

Il est garni de bronze aux portées et d'une chemise en cuivre rouge dans toute la partie exposée au contact de l'eau de mer.

Les coussinets des supports extérieurs, et tous ceux qui se trouvent dans l'eau, sont en bronze garni de bois de gaïac; à l'intérieur du bâtiment les paliers des lignes d'arbres sont en acier coulé garni de métal antifriction.

Les coussinets disposés à la sortie des arbres et dans les supports extérieurs sont faits en deux pièces et installés de manière à être sortis facilement.

Les paliers de butée, en fonte, garnis de métal antifriction, sont du système spécial de la compagnie des Forges et Chantiers.

Vireurs. — Chaque file d'arbres porte une roue striée qu'on peut actionner, soit à bras, soit par une petite machine à vapeur spéciale.

Hélices. — Chacune des deux hélices est en bronze, limée et convenablement polie, à quatre ailes venues de fonte avec le moyeu et du système de M. Dupuy de Lôme.

Robinets, prises d'eau. — Toutes les ouvertures pratiquées dans la muraille du bâtiment pour prises d'eau, évacuation, sont munies de robinets ou soupapes en bronze. Le nombre de ces ouvertures est réduit au strict nécessaire et elles sont d'un accès facile.

Tous les robinets de prises d'eau et d'extraction, prenant l'eau par le fond sont munies de brides de sûreté.

Graissage, arrosage. — Présentant une disposition très soignée et combinée d'après les perfectionnements les plus récents.

Tuyautage. — Tous les tuyaux de vapeur, d'alimentation, d'extraction, de refoulement, sont en cuivre rouge avec les épaisseurs réglementaires de la marine militaire française.

Tous les tuyaux de vapeur et d'échappement aux condenseurs, sont revêtus de matière non conductrice approuvée.

L'extrémité des tuyaux d'aspiration à la cale est garantie par des grillages convenables en tôle zinguée de façon à prévenir l'engorgement.

Machines alimentaires. — Elles sont au nombre de quatre, deux par chambres de chauffe.

Deux d'un débit de 10 000 *l* par heure, deux d'un débit de 20 000 *l*.

Deux des quatre machines alimentaires, celles des 10 000 *l* sont exclusivement consacrées à l'alimentation des chaudières; elles peuvent servir en cas d'incendie.

Les deux autres peuvent, en outre, servir d'épuisement du drain et de pompe d'incendie.

Les machines alimentaires ont un tuyautage de refoulement aux chaudières, distinct de celui des pompes alimentaires des machines principales.

Parquets, leviers de manœuvre. — Donnant un accès facile à toutes les parties des appareils qu'il faut visiter et surveiller en marche.

Les organes de manœuvre sont réunis dans un espace restreint pour que les opérations de mise en marche, de renversement de mouvement, se fassent rapidement et avec un personnel peu nombreux.

Appareils de démontage. — Les deux chambres des machines sont pourvues d'installations et appareils nécessaires pour faciliter la visite et le démontage des organes des machines.

Bassins à huile. — Des bassins sont installés pour toutes les parties flottantes des machines et pour les coussinets de l'arbre d'hélice.

On emploie une petite pompe à main aspirant dans les puisards, de telle sorte que son contenu puisse être enlevé pendant que les machines fonctionnent.

Chaudières. — L'appareil évaporatoire se compose de deux groupes répartis dans deux chambres, distincts.

Chacun de ces deux groupes est formé de trois corps cylindriques à trois foyers.

Il y a donc six corps à trois foyers, tous du même modèle.

Chaque corps est en acier doux Siemens Martin.

Les foyers sont ondulés du système Fox.

Les tubes ordinaires et les tubes tirants placés dans le prolongement des foyers sont en acier doux.

Les chaudières sont timbrées à 12 *kg*.

Elles sont recouvertes, sur les deux tiers de leur contour, d'une enveloppe calorifuge en feutre et toile alunée ou en coton au silicate.

La cheminée est pourvue d'une enveloppe en tôle.

Nombre total de corps	6
Nombre total de foyers	18

Surface totale des grilles 36 m^2.

Surface totale de chauffe mouillée au-dessus des grilles 1 418 m^2.

Timbre 12 *kg*.

Accessoires. — Chaque corps est muni des accessoires suivants:

Un manomètre;

Une soupape de sûreté à ressort pourvue des mécanismes permettant de la soulager;

Une soupape d'avertissement;

Une soupape d'arrêt;

Deux régulateurs d'alimentation;

Deux nivaux d'eau dont un avec robinet-jauge;

Deux robinets d'extraction;

Un robinet pour salinomètre;

Tuyaux intérieurs nécessaires pour les prises de vapeur, les alimentations et les extractions.

Un réservoir est installé dans chaque chambre de chauffe pour recueillir l'eau condensée des boîtes à soupapes de sûreté.

Tous les robinets d'alimentation, d'extraction, les soupapes d'arrêt et de sûreté, y compris leurs boîtes sont faits en bronze. Tous les tuyaux, dans l'intérieur des chaudières, sont en cuivre rouge ou en laiton. Tous les mécanismes intérieurs, pour manœuvrer les soupapes de sûreté, sont en bronze.

Ventilateurs. — Il y a quatre ventilateurs d'un débit de 30 000 m^3 à l'heure, à la pression nécessaire pour brûler au moins 200 *kg* de charbon par mètre carré de grille.

Chaque ventilateur est actionné par une machine compound à deux cylindres.

La vapeur des quatre ventilateurs se rend au condenseur avant.

Nature des matériaux. — Tous les matériaux entrant dans la construction des appareils moteurs et évaporatoires, sont de très bonne qualité et exempts de tous défauts préjudiciables.

Les essais de ces matériaux ont été faits suivant les règlements en vigueur dans la marine française.

Les alliages des métaux, entrant dans la composition des pièces de bronze sont conformes aux règlements de la marine militaire française.

	Cuivre	Étain	Zinc
Coussinets de grandes bielles sans antifriction, grains pour crapaudines	84	16	2
Coulisseaux, coussinets des arbres et autres sans antifriction, plaques de frottement, touches pour tiroirs et pour manivelles, tiroirs, glissières, etc	86	14	2
Boîtes à étoupes ; cadres pour compensateurs, colliers et chariots d'excentriques ; chemises de pompes à air ; coussinets portant antifriction ; douilles de presse-étoupes, engrenages, fourreaux pour pistons et pistons plongeurs de pompes alimentaires ; presse-étoupes ; robinets ; clapets et leurs sièges ; soupapes ; valves ; cylindres et pistons de détente ; etc	88	12	2
Hélices ; boîtes pour tuyautage ; boulons ; chapeaux de paliers ; couvercles de pompes à air ; paliers ; sièges et buttoirs pour clapets en caoutchouc ; chemises de pompes alimentaires et des pompes de cale sans frottement métallique ; écrous ; volants ; garnitures de niveau, boîtes d'alimentation ; tiges de piston, etc. . .	90	10	2
Brides pour tuyautage ; crépines ; collerettes ; récipients ; calottes et tubulures pour tuyautage ; tuyaux, etc	94	6	2

Le métal antifriction est composé de :

4 parties de cuivre ;
96 parties d'étain ;
8 parties d'antimoine.

Le métal blanc (ou Bugnot) est composé de :
2,3 parties de cuivre;
7,6 parties d'étain;
83,3 parties de zinc;
3,8 parties d'antimoine et
3,0 parties de plomb.

État des poids :

	Itsukushima. kg	*Matsushima.* kg
Poids des machines proprement dites, jusqu'à la jonction avec les arbres de transmission, avec tous les accessoires, parquets, tuyaux, rechanges pour la chambre des machines, l'outillage, les ventilateurs et les petits chevaux.	226 943	226 820
Propulseurs et arbres d'hélices, depuis la jonction avec les arbres des machines, coussinets et paliers.	49 185	58 360
Chaudières, cheminée, enveloppe, outillage, accessoires et rechanges du compartiment des chaudières et maçonnerie des autels	277 027	277 350
Eau des chaudières jusqu'à 0,180 *m* au-dessus des boîtes à feu.	93 000	93 000
Eau des condenseurs et du tuyautage, bâches, etc.	6 000	6 000
TOTAUX . . .	652 155	661 530

Décomposition approximative des puissances.

	TRIPLE EXPANSION		DOUBLE EXPANSION		
	ALLURE minimum	PUISSANCE normale	TIRAGE naturel	TIRAGE en vase clos	TIRAGE en vase clos feux très poussés
	ch	*ch*	*ch*	*ch*	*ch*
Machines principales	580	1 350	3 330	5 300	5 760
Machines de servitude.	30	50	70	100	140
Ventilateurs	»	»	10	70	100
TOTAL.	610	1 400	3 410	5 470	6 000

Dimensions principales.

		MACHINE PRINCIPALE	MACHINE DE SERVITUDE
Nombre de groupes		2	2
Nombre des cylindres.	Petit	1	1
	Moyen	1	»
	Grand	1	1
Diamètres des cylindres.	Petit . . . *m*	0,39	0,275
	Moyen . . . *m*	0,62	»
	Grand . . . *m*	1,44	0,50
Course commune . . . *m*		1,00	0,365
Nombre de tours		52 à 111	100 à 185

Machines principales.

		TRIPLE EXPANSION		DOUBLE EXPANSION		
		ALLURE minimum	PUISSANCE normale	TIRAGE naturel	TIRAGE en vase clos	TIRAGE en vase clos feux très poussés
Nombre de tours		52	72	93	108	111
Vitesse des pistons . . . *m*		1,73	2,40	3,10	3,10	3,70
Surface des pistons.	Petit S . . . m^2	»	0,1194	»	»	»
	Moyen S′ . . m^2	»	0,3019	»	»	»
	Grand S″ . . m^2	»	1,6286	»	»	»
Volume des cylindres.	Petit . . . m^3	»	0,1194	»	»	»
	Moyen . . . m^3	»	0,3019	»	»	»
	Grand . . . m^3	»	1,6286	»	»	»
Rapports.	$\frac{S''}{S}$	»	13,64	»	»	»
	$\frac{S'}{S}$	»	2,528	»	»	»
	$\frac{S''}{S'}$	»	5,394	»	»	»
	$\frac{S''}{S+S'}$	»	3,865	»	»	»
Introduction dans les cylindres d'admission		0,50	0,67	0,60	0,62	0,67
Introduction relative		0,0366	0,05	0,151	0,156	0,169
Rapport de détente		27,28	20	6,59	6,38	5,91
Effort moyen totalisé sur les grands cylindres. . . . . *kg*		0,78	1,30	2,50	3,39	3,58

Tuyautage :

Diamètre du tuyau de vapeur pour un groupe. . . .	0,255 *m*
— — d'alimentation —	0,105
— — d'extraction par chaudière. . . .	0,040
— — d'injection par condenseur. . . .	0,070
— — de décharge par pompe à air. . .	0,270
— — d'aspiration à la cale de chaque pompe de circulation	0,280 *m*

Arbres, bielles, tiges. — Arbres arrière à un coude :

Diamètre aux portées	320 *mm*	avec trou de	148 *mm*
— aux tourillons	320	—	148 *mm*

Arbres avant à deux coudes :

Diamètre aux portées	290 *mm*	—	115 *mm*
— aux tourillons	290	—	115 *mm*

Lignes d'arbres :

Diamètre aux portées	310 *mm*	—	140 *mm*

Arbres porte-hélices :

	Arbres creux	Arbres pleins
	—	—
Diamètre hors acier.	320/148 *mm*	308 *mm*
— cuivre	330	318 *mm*
— bronze	360	348 *mm*

Tiges de pistons :

Diamètre de la tige du petit cylindre	85 *mm*
— — moyen —	125
— — grand —	150

Bielles :

Diamètre de la bielle du petit cylindre . . .	85 et 95 *mm*
— — moyen — . . .	125 et 135
— — grand — . . .	150 et 160
Longueur des bielles	2 *m*
Rapport à la manivelle	4

Chaudières :

Timbre (pression effective)	12 *kg*
Nombre de corps	6

Dimensions d'un corps :

Diamètre moyen	3,20 *m*
Longueur	5,34
Nombre de foyers par corps	3
— total	18
Diamètres extérieur et intérieur d'un foyer	0,975 — 1,075 *m*
Longueur des grilles	2 *m*
Surface des grilles d'un foyer	2 m^2
— — des 18 foyers	36

Surface de chauffe directe et tubulaire :

Surface directe	127
— tubulaire (intérieur des tubes)	1 130
— totale	1 257

Surface de chauffe mouillée au-dessus des grilles :

Surface des tôles	131
— tubulaire (extérieur des tubes)	1 287
— totale	1 418
Diamètre des tubes ordinaires, en acier homogène	64/58 *mm*
Diamètre des tubes-tirants	64/52
Section tubulaire	6,90 m^2
Rapport de la section tubulaire à la section des grilles	0,191 *m*

Cheminée :

Nombre	1
Section totale, environ	5,040 m^2
Rapport de cette section à la surface des grilles	0,14
Volume d'eau à 15 *cm* au-dessus de la boîte à feu	93 m^3
Volume de vapeur correspondant	75

Échantillons :

Enveloppes cylindriques	29,5 *mm*	acier
Façade avant, haut et bas	19	—
Façade arrière, haut	19	—

Plaque à tubes de la boîte à fumée	20 *mm*	acier
— avant de la boîte à feu	18	—
— à tubes de la boîte à feu	21	—
Boîtes à feu, contour	15	—
Foyers ondulés, environ	14,75	—
Tirants et entretoises	en acier	
Boîtes à fumée	5 *mm*	en fer
Culottes de cheminée	5 *mm*	
Cheminée	5 et 4	

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de 400 *t.* On peut embarquer une certaine quantité en surcharge.

Armement de guerre. — L'armement de guerre de l'*Itsukushima* et du *Hashidate* se compose de :

1 canon de 32 *cm* Canet à 38 calibres de longueur en tourelle à l'avant avec un champ de tir de 270°.

10 canons de 12 *cm* Canet à tir rapide en batterie à l'arrière de la tourelle.

1 canon de 12 *cm* Canet à tir rapide en barbette à l'arrière.

Le navire peut tirer :

En chasse	un 32 *cm*	
En retraite	un 12	
Par le travers	un 32	et six 12 *cm*

Le *Matsushima* a un 32 *cm* Canet à 38 calibres de longueur, en tourelle à l'arrière avec un champ de tir de 270°.

12 canons de 12 *cm* Canet à tir rapide en batterie sur l'avant de la tourelle.

Les deux canons avant peuvent faire feu en chasse.

Le navire peut donc tirer :

En chasse	deux 12 *cm*	
En retraite	un 32	
Par le travers	un 32	et six 12 *cm*

L'armement de chacun des 3 navires se complète par :

5 canons à tir rapide Hotchkiss;

11 mitrailleuses Hotchkiss de 37 *mm*;

4 lance-torpilles, deux fixes à l'avant et à l'arrière, deux mobiles par le travers.

Approvisionnement en munitions. — Les pièces sont approvisionnées comme suit :

60 coups de munition pour le canon de 32 *cm* (obus 470 *kg* charge 270 *kg*).

100 coups de munition pour le canon de 12 *cm* (obus 25 *kg*, charge 14 *kg*).

400 coups de munition pour le canon à tir rapide Hotchkiss.

1 500 — — la mitrailleuse —

20 torpilles de 4,556 *m* de longueur.

Composition de l'Équipage (avec un amiral à bord).

Amiral	1
Commandant	1
Commandant en second	1
Officiers de l'État-major général	6
Officiers du bord	15
Aspirants (dans un poste)	15
Élèves-mécaniciens (dans un poste séparé)	10
Maitres, ayant droit à une chambre	5
Personnel logé dans le poste de l'équipage (y compris les musiciens)	382
TOTAL	436

Akitsushima.

Ce croiseur a été lancé en 1892; il ressemble assez au *Chiyoda* et au *Yoshino*.

Dimensions. — Longueur . . . . . 92,00 *m*
Largeur 13,00
Tirant d'eau 5,63

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 3 150 *tx*.

Coque. — La coque est en acier.

Protection. — Le pont cuirassé a une épaisseur variant de 37 *mm* à 63 *mm*.

Machines. — Il y a deux machines développant ensemble une puissance de 8 400 *ch* et actionnant chacune une hélice.

La vitesse aux essais a été de 19 nœuds.

Armement. — L'armement se compose de :

4 canons de 15 *cm* à tir rapide;
6 — 12 —
10 petits canons de 47 *mm* à tir rapide,
plus 4 tubes lance-torpilles.

Équipage. — L'équipage est probablement de 350 hommes.

Yoshino.

Fig. 56

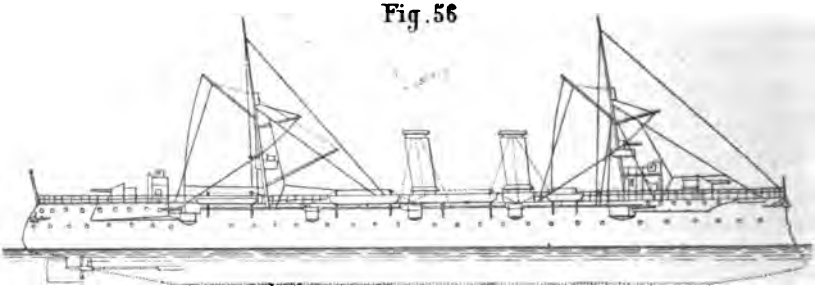
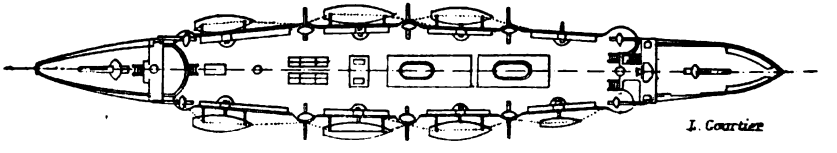


Fig. 56 bis



Ce navire a été construit par la maison Armstrong, et lancé en 1892.

Dimensions. — Longueur. . . . . 106,68 *m*
Largeur. 14.17
Tirant d'eau. . . . 5,18

Déplacement. — Le déplacement correspondant à ce tirant d'eau est de 4 150 *tx.*

Coque. — La coque est très cloisonnée et assez faible d'échantillon.

Protection. — Le pont cuirassé en dos de tortue, a une épaisseur variant de 11 1/4 *cm* à 4,375 *cm.*

Le poste du commandant est très légèrement blindé.

Machines. — Deux machines développant ensemble une force de 15 000 *ch* actionnent chacune une hélice. Elles peuvent être renversées de pleine vitesse en avant à pleine vitesse en arrière en quelques secondes.

Durant les essais avec tirage naturel, la vitesse reconnue a été de 21,6 nœuds; elle s'est élevée 23,03 nœuds avec le tirage forcé.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de 1 000 *t.*

Armement. — Deux canons de 15 *cm* à tir rapide dans l'axe, un à l'avant et un à l'arrière; chacune de ces deux pièces a un champ de tir de 270°.

Deux canons de 15 *cm* à tir rapide sont en encorbellement.

Huit canons de 12 *cm* à tir rapide sont répartis sur les flancs; les deux derniers tirent en retraite.

Il y a de plus vingt-deux canons de 3 lieues à tir rapide et cinq tubes à torpilles.

Le bâtiment peut tirer :

En chasse directe avec trois canons de 15 *cm*;

En retraite avec un canon de 15 *cm* et deux de 12 *cm*;

Par le travers avec trois canons de 15 *cm* et quatre de 12 *cm.*

Équipage. — L'équipage est probablement de 350 à 400 hommes.

Le *Yoshino* ressemble beaucoup au *9 de Julio* et au *25 de Mayo* construits également par Armstrong. Mais il est plus grand et a un double fond.

Le navire paraît marin; pourtant il est très légèrement construit — trop légèrement peut-être.

D'après ses essais ce serait actuellement, avec le *9 de Julio*, le *25 de Mayo*, le *Colombia* et le *Minnëapolis*, le navire le plus rapide du monde. Mais il est probable que cette vitesse d'essai subit en service une réduction beaucoup plus forte que celle des navires américains qui sont presque deux fois plus grands.

La protection de la coque n'est pas très bonne, comme sur la majorité des navires à pont blindé en dos de tortue.

Quoi qu'il en soit, le *Yoshino* est un remarquable navire et l'on comprend qu'à la bataille du Yalou, l'amiral Tsuboï qui commandait la division volante l'ait choisi pour y arborer son pavillon.

Yashima et Fusi-Yama.

Fig. 57

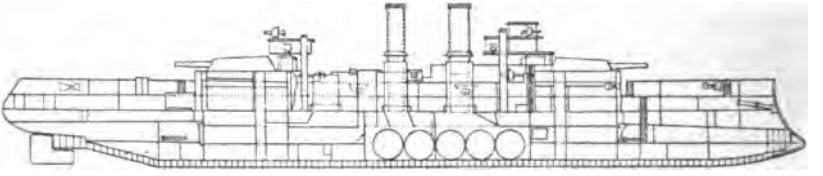
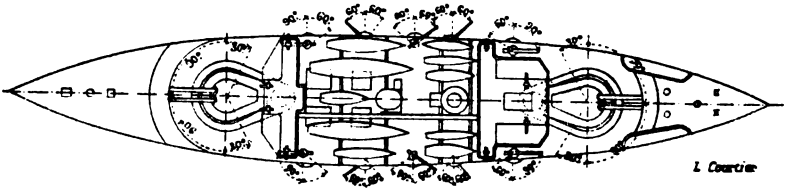


Fig. 57 bis



Nous empruntons à l'*Engineering* du 29 février 1896 une description de ces nouveaux bâtiments qui sont certainement les plus puissants de la flotte japonaise.

Le *Yashima* a été construit par sir W. G. Armstrong Mitchell et C°, Elswick pour le Gouvernement japonais

Ce navire, le *Yashima*, est l'un des deux navires frères en cours de construction en Angleterre, l'autre, le *Fusi-Yama*, vient d'être lancé aux Thames Iron works.

Le *Yashima* mesure 121,91 *m* de longueur à la flottaison et 125,57 *m* de longueur totale. L'éperon s'étend, au-dessous de l'eau, à 3,96 *m* en avant de la flottaison. La largeur hors membrures est de 22,40 *m*, la profondeur de 14 *m* et le tirant d'eau moyen de 8 *m*. Le déplacement pour ce tirant d'eau sera d'environ 12 320 *tx*. Ceci comprend l'approvisionnement normal de charbon et tout l'armement, les vivres, etc. La charge normale de charbon est de 700 *t*, mais les soutes peuvent contenir 1 200 *t*.

Le navire a une ceinture cuirassée de 68,89 *m* de longueur sur 2,44 *m* de hauteur. Lorsque le navire a son tirant d'eau normal, cette ceinture dépasse de 91 *cm* au-dessus de la ligne de flottaison et s'étend de 1,52 *m* au-dessous. Dans le milieu elle a 457 *mm* d'épaisseur; dans les parties intermédiaires cette épaisseur n'est

plus que de 406 *mm* et aux extrémités elle se réduit à 356 *mm*. La partie occupée par les machines est protégée par un pont protecteur plat de 6 *cm* d'épaisseur, au-dessus de l'eau dans sa partie centrale mais avec pentes de la façon habituelle vers les extrémités qui s'abaissent au-dessous du niveau de l'eau.

Au-dessus de la ceinture, il y a un blindage de 10 *cm* jusqu'au pont principal. A chaque extrémité de la citadelle se trouvent deux barbettes de la forme usuelle (en poire); chacune d'elle est pourvue d'un blindage de 356 *mm* descendant jusqu'au pont principal. Au-dessous, le blindage n'a plus que 229 *mm*, mais il se trouve en arrière de la plaque de 101 *mm* dont il a été parlé tout à l'heure.

Les boucliers des canons des barbettes ont 152 *mm* d'épaisseur sur le milieu avec léger amincissement à l'arrière; ils sont complètement fermés comme dans le *Magnificent*.

A chaque barbette, il y a 2 écrans de 101 *mm* d'épaisseur entre le pont principal et le pont blindé; ces écrans ne sont pas tout à fait normaux à la section transversale, celui d'avant incline un peu vers l'arrière, et celui d'arrière incline un peu vers l'avant. En arrière de ces écrans et par suite des barbettes, le blindage a une épaisseur de 127 *mm*.

Le blindage du poste du commandant a 356 *mm* d'épaisseur; et il y a un deuxième poste à l'arrière et avec blindage de 0,076 *m*. Tous les blindages sont préparés suivant le procédé Harvey et ont été fournis par MM. Charles Cammell et C°.

Armement. — Deux canons de 0,304 *mm* (49 *t*) dans chaque barbette. Ces canons commandent un horizon de 30 *m* en arrière de chaque barbette.

Dix canons de 0,152 *mm* à tir rapide, dont 6 sur le pont supérieur comme le montrent les dessins. Les deux canons de l'avant auront un champ de tir de 90° en avant et de 60° en arrière. Les canons d'arrière auront le même champ. Les deux canons de la partie centrale embrassent 60° de chaque côté.

Les quatre autres pièces de 0,152 *mm* seront sur le pont principal montées chacun dans une casemate avec blindage de 0,152 *mm* en avant et de 0,050 *mm* pour les parties postérieures.

Vingt-quatre canons à tir rapide, tous de 3 *cm* sauf quatre de 2 1/2 *cm* placés dans les hunes. Le reste est réparti de la façon suivante : huit sur les passerelles, quatre dans les pavois et huit sur le pont principal.

Il y aura cinq lance-torpilles dont quatre sur les flancs et sub-

mergés et un à l'avant. Deux mâts militaires avec chacun deux hunes de combat. Le navire a deux cheminées.

Les embarcations comprennent : deux torpilleurs vedettes de 17 *m*, un chaloupe de 12,80 *m*, un grand canot (pinnace) à vapeur de 9,14 *m*, 1 cutter de 8,53 *m*, un gig de 8,23 *m*, un bateau de sauvetage de 8,23 *m* plus quelques embarcations de plus petites dimensions. Un canon de 2 1/2 *cm* sera placé dans chacune des grandes embarcations.

L'avant et l'éperon sont en acier fondu massif, le cadre du gouvernail et l'arrière sont également en acier fondu. Le gouvernail est balancé.

Le *Yashima* est destiné à porter pavillon d'amiral. Le salon de l'amiral est ménagé dans la partie tout à fait en arrière du pont principal. Immédiatement en avant se trouve la salle à manger. Les cabines d'officiers sont de chaque côté du navire et l'équipage est logé à l'avant comme d'habitude.

Des mesures pont été prises pour renforcer le pont supérieur près des barbettes, de manière à le préserver des coups des pièces de 0,300 *mm*.

Les magasins à munitions sont au-dessous du pont inférieur ; les machines occupent au niveau de ce pont la plus grande partie de la citadelle, en avant et en arrière se trouvent cependant encore deux séries de machines hydrauliques pour la manœuvre des canons de barbettes.

Le pont le plus bas est naturellement bien au-dessous de la flottaison ; il n'y a pas d'armure, mais il est protégé par les soutes à charbon. La plus grande partie de ce pont est occupée par les machines, mais un compartiment s'étendant sur toute la longueur de la salle des machines a été réservé pour les ateliers.

Les machines ont été installées par MM. Humphrys Tennant et C°, de Deptford. Les deux séries principales sont du type compound ordinaire à triple expansion. Les cylindres ont 1,016 *m*, 1,499 *m* et 2,235 *m* de diamètre avec course de 1,14 *m*. Il y a 10 chaudrières, placées dans quatre compartiments étanches, à raison de 3 par compartiment pour deux de ceux-ci et de 2 par compartiment pour les autres. La puissance est de 10 000 *ch* vapeur avec tirage naturel, la vitesse est alors estimée à 16 nœuds 3/4. Avec tirage forcé avec une pression d'air de 0,037 *m*, la puissance atteint 13 500 *ch* et la vitesse 18 nœuds 1/4.

Le navire est divisé en 181 compartiments étanches dont 36 dans le double fond, 70 dans la cale, 18 sur le pont plate-forme,

29 sur le pont inférieur, 22 sur le pont intermédiaire et 6 sur le pont principal.

On voit que le *Yashima* est un navire de guerre exceptionnellement puissant; il se rapproche beaucoup du *Renown* : même longueur, 0,45 *m* de plus de largeur, et pratiquement même déplacement; le tirant d'eau du navire britannique étant toutefois un peu supérieur. Au lieu de 4 canons de 300 *mm*, le *Renown* a 4 canons de 250 *mm*; il a 10 canons de 150 *mm* comme le *Yashima*.

Le *Yashima* est plus grand que le *Barfleur* qui déplace 2 000 *tx* de moins. Ce navire anglais a 4 canons de 29 *t*, au lieu de 4 de 49 *t* du navire japonais et 8 canons de 0,118 *mm* au lieu de 10 de 150 *mm*, D'un autre côté le *Majestic* qui déplace près de 15 000 *t* a, comme le *Yashima*, 4 canons de 300 *mm* mais on croit que les canons du navire anglais ne sont pas aussi longs et sont un peu plus légers.

TABLEAUX SYNOPTIQUES DES DEUX FLOTTES

Bâtiments chinois.

NAVIRES	DATE du LANCEMENT	TONNAGE	CHEVAUX	VITESSE	ÉQUIPAGE	ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	GRÉEMENT	OFFICIERS
		tx		nœuds	hommes				
Chao-Yong. . . Coulé.	1881	1 350	2 677	16,8	130	2 canons Armstrong de 25 *cm*. 4 — — de 15 *cm* (ou de 12 *cm*). 2 — de 47 *mm* à tir rapide. 7 mitrailleuses ou canons-revolvers.	3	goélette	
Yang-Ouei. . . Coulé.	1881	1 350	2 580	16	130	2 canons Armstrong de 25 *cm*. 4 — — de 15 *cm* (ou de 12 *cm*). 2 — de 47 *mm* à tir rapide. 7 mitrailleuses ou canons-revolvers.	3	goélette	
Ting-Yuen. . .	1881	7 400	3 100	14,5	400	4 canons Krupp de 30,5 *cm*. 2 — — de 15 *cm*.	2	2 mâts militaires	Amiral Ting. Chef d'escadre : Liu-Poo-Chin.
Chen-Yuen. . .	1882	7 400	3 100	14,5	400	4 canons Krupp de 30,5 *cm*. 2 — — de 15 *cm*.	2	2 mâts militaires	Chef d'escadre Liu.
Tsi-Yuen . . .	1883	2 355	2 800	15	180	2 canons Krupp de 21 *cm*. 1 — de 15 *cm*.	4	1 mât militaire	Capitaine Fong.

						8 — de 57 *mm* à tir rapide 2 — de 47 *mm* — 6 — de 37 *mm* — 6 mitrailleuses ou canons-revolvers.		
Ching-Yuen . .	1886	2 300	5 500	18	250	3 canons Armstrong de 20 *cm*. 2 — — de 15 *cm*. 8 — de 57 *mm* à tir rapide. 2 — de 47 *mm* — 6 — de 37 *mm* — 6 mitrailleuses ou canons-revolvers.	4	2 mâts militaires
King-Yuen . . Coulé.	1887	2 800	3 400	16,5	270	2 canons Krupp de 21 *cm*. 2 — — de 15 *cm*. 5 — de 47 *mm* à tir rapide. 7 mitrailleuses.	4	1 mât militaire
Lai-Yuen . . .	1887	2 800	3 400	16,5	270	2 canons Krupp de 21 *cm*. 2 — — de 15 *cm*. 5 — de 47 *mm* à tir rapide. 7 mitrailleuses.	4	1 mât militaire
Ping-Yuen . .	1890	2 100	2 400	10,5	150	1 canon Krupp de 26 *cm*. 2 canons — de 15 *cm*. 8 — à tir rapide.	4	
Kuang-Ping . .	1891	1 030	2 400	16	120	3 canons de 12 *cm* à tir rapide. 8 mitrailleuses ou canons-revolvers.	3	
Kong-Hi. . . . Perdu.	1891	1 100	3 400	16	120	1 canon Armstrong de 15 *cm*. 1 — — de 12 *cm* à tir rapide. 4 mitrailleuses ou canons-revolvers.	»	
TOTAUX. . .		34 285	40 257					

NOTE 1. — Les chiffres fournis pour les équipages chinois sont tout à fait sujets à caution : l'habitude générale des mandarins et des capitaines chinois étant d'avoir le moins de monde possible en temps de paix, de façon à réaliser des gains frauduleux sur la solde et la nourriture. Le personnel ainsi réduit est complété n'importe comment au moment des hostilités.

TABLEAUX SYNOPTIQUES DES DEUX FLOTTES

Bâtiments japonais.

NAVIRES	DATE du LANCEMENT	TONNAGE	CHEVAUX	VITESSE	ÉQUIPAGE	ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	GRÉEMENT	OFFICIERS
		tx		nœuds	hommes				
Fusoo	1877	3718	3500	10	386	4 canons Krupp de 24 *cm.* 2 — — de 17 *cm.* 5 mitrailleuses ou canons-revolvers.	4		Capitaine Arai.
Hi-Yei	1878	2200	2490	13	308	3 canons Krupp de 17 *cm.* 6 — — de 15 *cm.* 4 mitrailleuses ou canons-revolvers.	»		Capitaine Sakurai.
Naniwa	1885	3650	7235	18,77	325	2 canons Krupp de 26 *cm.* 6 — — de 15 *cm.*	4	2 mâts militaires	Capitaine Togo.
Takachiho . . .	1885	3650	7120	18,72	325	2 canons Krupp de 26 *cm.* 6 — — de 15 *cm.*	4	2 mâts militaires	Capitaine Nomura.
Chiyoda . .	1889	2450	6400	19	.	10 canons Armstrong de 12 cm tir rapide	3	2 mâts militaires	Capitaine Uchida.

						11 mitrailleuses Hotchkiss de 37 *mm*.			
Itsukushima . .	1890	4 277	5 470	17,5	436	1 canon Canet de 32 *cm*. 11 — Armstrong de 12 *cm* à tir rapide. 5 — Hotchkiss à tir rapide. 11 mitrailleuses Hotchkiss de 37 *mm*.	4	1 mât militaire	Capitaine Yoko.
Hashidate . . .	1891	4 277	5 470	17,5	436	1 canon Canet de 32 *cm*. 11 — Armstrong de 12 *cm* à tir rapide. 5 — Hotchkiss à tir rapide. 11 mitrailleuses Hotchkiss de 37 *mm*.	4	1 mât militaire	Capitaine Hidaka.
Akitsushima. .	1892	3 150	8 400	19	350	4 canons Armstrong de 15 *cm* à tir rapide. 6 — — de 12 *cm* — 10 — — de 47 *mm* —	4	2 mâts militaires	
Yoshino	1892	4 150	15 000	23	400	2 canons Armstrong de 15 *cm* à tir rapide. 8 — — de 12 *cm* — 22 — — de 47 *mm* —	5	2 mâts militaires	Contre-amiral Tsuboï. Capitaine Kavara.
TOTAUX. . .		35 799	65 755						

NOTE 2. — Il est probable que les chiffres fournis relativement aux armements à tir rapide de petit calibre renferment, surtout en ce qui concerne les Chinois, quelques erreurs, d'ailleurs sans aucune espèce d'importance relative. En effet, cet armement, par sa nature même, peut être facilement et rapidement changé. Il a probablement subi, à plusieurs époques, des modifications.

TABLEAU SYNOPTIQUE DE L'ARTILLERIE

Chine.

ARMEMENT	CALIBRES	POIDS DES PROJECTILES		MAXIMUM APPROXIMATIF de VITESSE DE TIR	MAXIMUM APPROXIMATIF du poids de projectiles lancé à la minute	POIDS APPROXIMATIF DE PROJECTILES lancé à la minute pendant un combat d'une certaine durée
		PAR CANON	TOTAUX			
	cm	*kg*	*kg*		*kg*	*kg*
8 canons Krupp	30,5	329	2 632	1 coup par 10 minutes.	263,2	263,2
1 canon Krupp	26	187	187	1 — 5 —	37,4	37,4
4 canons Armstrong	25	226	904	1 — 5 —	180,8	180,8
6 canons Krupp	21	98	588	1 — 2 —	294	294
6 canons Armstrong	20	95	570	1 — 2 —	285	285
12 canons Armstrong	15 (*)	45,3	543,6	1 coup par minute.	543,6	543,6
12 canons Krupp	15	35	420	1 coup par minute.	420	420
4 canons Armstrong (tir rapide)	12	20,4	81,6	5 coups par minute.	408	(2 coups par minute) 163,2
53			5 926,2		2 432	2 187,2
	mm					
16 canons Hotchkiss ou Nordenfeldt (tir rapide)	57					
30 canons Hotchkiss ou Nordenfeldt (tir rapide)	47					
12 canons Hotchkiss ou Nordenfeldt (tir rapide)	37					
56 mitrailleuses ou canons-revolvers.	(ou calibres en différant très peu)					
38 tubes lance-torpilles.						

(*) Par suite de renseignements contradictoires sur l'armement du *Chao-Yang* et du *Yang-Ouei*, il a été impossible de savoir si ces deux vaisseaux portaient des canons de 15 *cm* ou de 12 *cm*.

TABLEAU SYNOPTIQUE DE L'ARTILLERIE

Japon.

ARMEMENT	CALIBRES	POIDS DES PROJECTILES		MAXIMUM APPROXIMATIF de VITESSE DE TIR	MAXIMUM APPROXIMATIF du poids de projectiles lancé à la minute	POIDS APPROXIMATIF DE PROJECTILES lancé à la minute pendant un combat d'une certaine durée
		PAR CANON	TOTAUX			
	cm	*kg*	*kg*		*kg*	*kg*
3 canons Canet	32	420	1 260	1 coup par 10 minutes.	126	126
4 canons Krupp	26	187	748	1 — 5 —	149,6	149,6
4 canons Krupp	24	139	556	1 — 3 —	185,3	185,3
5 canons Krupp	17	53	265	1 coup par minute.	265	265
18 canons Krupp	15	35	630	1 — —	630	630
6 canons Armstrong (tir rapide)	15	45,3	272	3 coups —	816	(1 coup 1/2 par minute) 408
58 canons Armstrong (tir rapide)	12	20,4	1 183	5 — —	5 915	(2 coups par minute) 2 366
98			4 914		8 086,9	4 129,9
	mm					
61 canons Hotchkiss ou Nordenfeldt (tir rapide)	37 et 47 (ou calibres en différant très peu)					
45 mitrailleuses ou canons-revolvers.						
36 tubes lance-torpilles.						

Les navires, les machines et les canons japonais paraissent avoir été assez bien entretenus par leurs équipages et leurs mécaniciens, exclusivement composés de nationaux.

Pourtant il faut remarquer que l'entraînement des artilleurs chargés de la manœuvre des 32 *cm* Canet a du être très insuffisant à en juger par la lenteur du feu de ces pièces : un coup par heure environ, tandis qu'on aurait pu tirer de six à dix fois pendant le même laps de temps.

L'artillerie à tir rapide paraît avoir bien mieux fonctionné que les gros canons. Cela n'est point surprenant : afin d'utiliser d'une façon à peu près convenable des canons de 47 *mm*, de 12 *cm* et de 15 *cm*, dont la manœuvre est relativement simple, il faut des équipages beaucoup moins exercés que pour servir les pièces géantes et leurs appareils toujours plus ou moins compliqués.

Les machines et les chaudières étaient suffisamment entretenues.

Si l'usure de quelques appareils évaporatoires a pu réduire la vitesse de certains bâtiments, la faute n'en paraît pas devoir être imputée aux mécaniciens japonais : c'est le gouvernement mikadonal qui est responsable de n'avoir su faire remplacer ou réparer les chaudières du *Fuso*, les tubes des chaudières de *Itkusushima* et le foyer avarié de l'*Hashidate*.

Quoi qu'il en soit, ces défectuosités réduisaient les vitesses respectives du *Fuso* et de l'*Hashidate* aux chiffres de 9 et 13 nœuds.

Le matériel japonais était bon. Les navires construits en Angleterre avaient, il est vrai, une protection nulle pour leur artillerie et des coques mal abritées par leurs ponts bombés. Mais les bâtiments construits sur les plans de M. Bertin portaient leur grosse artillerie dans des tourelles sérieusement blindées ; de plus, leurs ponts sous-marins les protégeaient contre les projectiles de rupture, surtout dans un combat par le travers.

Il faut pourtant reconnaître que l'escadre japonaise était à tout prendre mal défendue contre les obus.

Les officiers et les équipages japonais paraissent s'être battus avec courage et patriotisme, comme l'avaient prévu ceux qui connaissent les Japonais et les actes d'énergie dont ils sont capables.

Sans doute le personnel de la flotte mikadonale ne s'est point montré l'égal de celui dont s'enorgueillissent les vieilles marines européennes riches en traditions ; mais il pourrait soutenir sans désavantage la comparaison avec celui de certaines nations secon-

daires dont le rôle passé ne concorde nullement avec les prétentions.

Les Chinois étaient, à tous égards, dans de bien plus mauvaises conditions que leurs adversaires.

Leurs bâtiments non blindés avaient un cloisonnement tout à fait insuffisant au dessus des ponts blindés en dos de tortue.

L'artillerie Krupp paraît avoir à peu près fonctionné étant donné son mauvais entretien.

Les appareils moteurs étaient presque tous en assez mauvais état, ce qui, le plus souvent, réduisait le maximum de la vitesse des navires à 11 ou 12 nœuds.

Les deux cuirassés étaient des machines de guerre défectueuses à cause de la disposition de leur grosse artillerie et de leur absence de protection verticale sur environ la moitié de leur longueur; pourtant leur cuirasse au fort relativement très épaisse abritait bien les machines et surtout les équipages.

La corruption de l'administration chinoise a été cause que les navires manquaient d'obus et que les équipages ne comptaient, en temps de paix, guère plus de la moitié des effectifs des rôles. Il en résultait un personnel d'autant défectueux qu'il paraît y avoir eu absence de cette énergie et de ce courage qui peuvent parfois suppléer, dans une certaine mesure, au manque d'instruction et d'entraînement.

Une dizaine d'Européens étaient sur la flotte chinoise. Il est probable que les origines différentes, les rivalités, le peu de garanties morales, l'absence d'un chef obéi et respecté devaient empêcher ces aventuriers de rendre des services bien sérieux quelle que put être leur valeur individuelle.

Les Chinois, comme les Japonais, se sont exclusivement servis de poudre noire ordinaire, dont la fumée a bien certainement contribué à ralentir et à gêner le tir des pièces — surtout des pièces à tir rapide.

Le seul *Yoshino* avait de la poudre sans fumée anglaise — cordite.

Quant aux nouveaux explosifs à grande puissance, les deux flottes n'en avaient point, contrairement à ce qui a été publié à l'époque de la bataille.

CHAPITRE IV

LA BATAILLE DU YALOU [1]

Après plusieurs semaines d'une inaction fatale, les Chinois s'étaient enfin décidés à conduire plus énergiquement les hostilités : la déclaration de guerre — d'ailleurs précédée d'une attaque de l'escadre volante japonaise contre une division navale chinoise — avait eu lieu le 1er août ; et ce ne fut pas avant le 16 septembre que l'amiral chinois Ting arriva au nord-ouest de la Corée avec toute sa flotte escortant un important convoi de troupes.

Le débarquement commença à s'effectuer le lendemain 17 septembre, au lever du jour.

Vers 9 heures et demie du matin, les Chinois aperçurent des fumées au large. L'amiral Ting signala immédiatement à son escadre de faire le branle-bas de combat ; il laissa quelques canonnières et torpilleurs près des transports afin de protéger le débarquement, que l'on accéléra autant que possible ; puis il se dirigea vers l'ennemi en ligne de front — les bâtiments conservant l'ordre qu'ils avaient eu au mouillage (2).

Au début, la vitesse d'évolution de l'escadre chinoise ne parait guère avoir été de plus de 8 nœuds, mais, dans la suite, chaque navire manœuvrant pour ainsi dire séparément, cette vitesse semble avoir été dépassée par plusieurs bâtiments.

L'amiral chinois avait prescrit de prendre de sages précautions : les superstructures avaient été réduites autant que faire se pouvait ; chaque navire n'avait gardé qu'un seul canot ; les ponts avaient été abondamment arrosés ; des hamacs et des sacs de charbon mouillé augmentaient la protection.

(1) En présence de nombreux renseignements contradictoires, il a été très difficile de se former une idée nette de la bataille du Yalou. Pourtant j'espère en donner une description à peu près claire à l'aide des derniers documents arrivés du Japon, et surtout grâce à l'obligeance du commandant Sakomoto, second du *Hiyei*, et à qui je suis heureux d'adresser ici tous mes remerciements.

(2) D'après certaines relations, l'escadre chinoise aurait pris une formation en ⋁ avec un angle de tête voisin de 180° ⋁ et les deux cuirassés au sommet de cet angle. Mais il est probable que cette formation — si tant est qu'elle ait existé — résulte d'une irrégularité de la ligne de front. Quoi qu'il en soit, le fait n'a pas grande importance : un tel ordre ayant sensiblement toutes les caractéristiques et tous les défauts de la ligne de front.

Mais l'amiral Ting, croyant sans doute à une attaque immédiate de l'ennemi, ne signala point de faire manger ses équipages.

La flotte japonaise, après la victoire gagnée le 15 septembre par les troupes du Mikado à Ting-Yang, s'était mise à la recherche des navires chinois. C'est vers 10 heures et demie qu'elle les découvrit déjà formés en bataille.

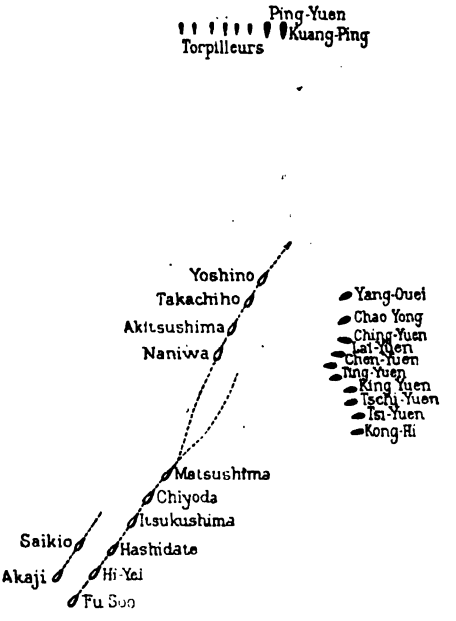
L'amiral Ito signala immédiatement de donner un repas aux équipages, puis de faire le branle-bas de combat.

Il donna l'ordre de se maintenir à gauche de la ligne de bataille à la canonnière l'*Akagi* et au *Saikio*, simple paquebot armé en guerre sur lequel se trouvaient l'amiral Kabayama, Inspecteur général de la Marine, et plusieurs photographes.

L'escadre japonaise était formée en ligne de file. Elle constituait deux divisions. En tête de chacune de ces divisions était le navire de l'amiral qui la commandait.

D'abord venait la division volante de l'amiral Tsuboï : elle se composait du *Yoshino* (amiral), du *Takachicho*, de l'*Akitsushima* et du *Naniwa*. Puis, suivait la division principale ou division de combat, constituée par le *Matsushima* (amiral), le *Chiyoda*, l'*Itsukushima*, le *Hashidate*, le *Hiyei* et le *Fusoo*.

Fig. 58.



La division volante et les trois premiers navires de la division principale pouvaient maintenir une vitesse de 14 à 15 nœuds. Mais le *Hashidate* ne pouvait dépasser 13 nœuds, tandis que le *Hiyei* et le *Fusoo* ne pouvaient guère fournir plus de 8 à 9 nœuds.

L'amiral Ito fixa donc à 10 nœuds la vitesse de combat, afin de ne pas trop se séparer de ses deux derniers bâtiments. La division principale paraît avoir évolué à peine à cette vitesse puisqu'elle fut constamment suivie par le *Fusoo* ; mais la division volante paraît avoir poussé son allure jusqu'à 12 ou 13 nœuds,

pendant les périodes de combat où elle évoluait pour son propre compte.

Les Japonais s'avancèrent d'abord droit sur l'ennemi, puis obliquèrent sur leur gauche, vers l'aile droite chinoise.

A 12 h. 50 le *Ting-Yuen*, sur lequel était l'amiral Ting ouvrit le feu à plus de 5 *km*.

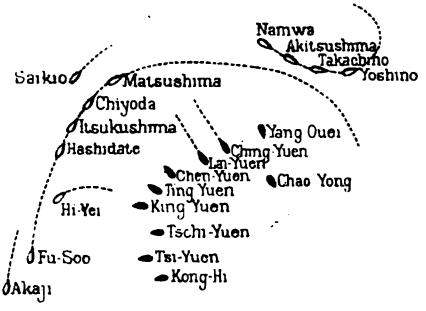
Les Japonais ne ripostèrent qu'à 3 000 *m*, alors que la division volante commençait à venir sur sa droite pour envelopper l'aile droite chinoise tandis que la division de combat était encore sur l'avant de la ligne chinoise.

Celle-ci se trouva bientôt dans un désordre effroyable : les premiers coups de canon des Japonais avaient détruit les appareils à signaux du *Ting-Yuen* ; au milieu de la fumée, les navires chinois, craignant de s'aborder les uns les autres, manœuvraient au hasard et tiraient mal.

Au moment où la division volante japonaise dépassait la droite de la ligne chinoise, elle aperçut devant elle deux navires et plusieurs torpilleurs ennemis : elle changea légèrement sa route pour chasser ces nouveaux adversaires et les empêcher de rejoindre le gros des forces chinoises; mais les torpilleurs voyant la division volante leur courir dessus, virèrent de bord et se dispersèrent pour se réfugier dans les petits fonds de l'estuaire de la rivière Yalou à une douzaine de milles du champ de bataille.

Sans s'inquiéter à poursuivre ces faibles adversaires, la division volante revint alors sur sa gauche, tandis que la division de combat continuait son évolution sur sa droite.

Fig. 59.



Cette manœuvre devait mettre l'aile droite de l'escadre chinoise entre deux feux et permettre à la division volante de secourir, le cas échéant, les derniers navires de l'escadre principale.

Mais quelques-uns des torpilleurs chinois, voyant que l'escadre volante cessait sa poursuite, tentèrent de rejoindre l'amiral Ting.

L'aile droite chinoise, recevant le feu de la plupart des navires japonais, est très malmenée : l'incendie éclate à bord du *Yang-Ouei* et du *Tschao-Yong* qui s'enfuient vers l'estuaire de la rivière. Le

premier de ces bâtiments se jette sur un haut fond, est abandonné par son équipage, et détruit le lendemain par une torpille japonaise ; le second, abordé par le *Tsi-Yuen* qui fuyait aussi, coule rapidement. Le *Tsi-Yuen* et le *Kuang-Si* parviennent à s'échapper.

Ainsi, dès le commencement de l'action, l'amiral Ting n'avait plus que six navires sur lesquels il pût compter.

Une rapide victoire des Japonais n'était pas douteuse si, à ce moment, la fortune des armes n'avait semblé vouloir favoriser tout à coup les Chinois.

Le *Hi-Yei*, incapable de suivre les autres navires de l'escadre principale fut bientôt rejoint et dépassé par le *Fusoo*. Ce bâtiment, en forçant beaucoup, parvint tant bien que mal à ne pas se laisser trop distancer par l'amiral Ito ; il vint sur sa gauche, évita le *Hi-Yei*, et parvint à se maintenir dans la ligne de bataille.

Le *Hi-Yei*, se voyant tout à fait en queue, craignit d'être complètement séparé de la flotte japonaise, et même de se faire éperonner par l'un des navires de l'aile droite chinoise. Son commandant prit

Fig. 60.

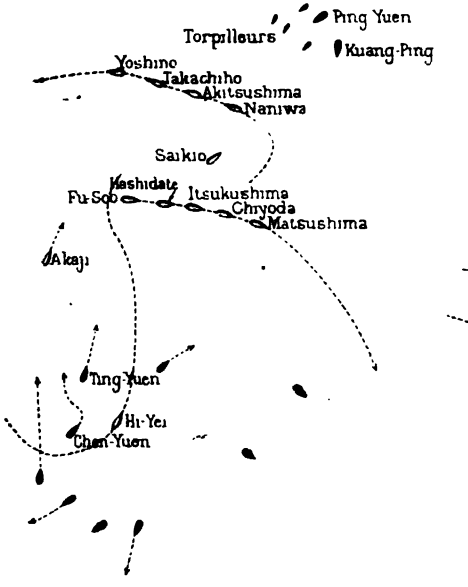
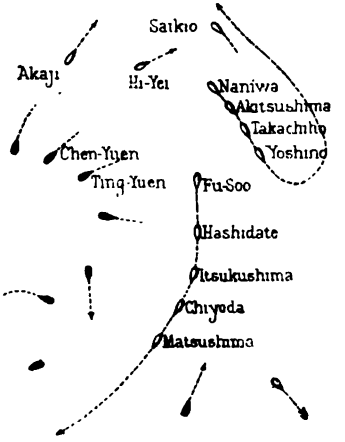


Fig. 61.



donc le parti héroïque de foncer droit à travers la ligne chinoise afin de rejoindre son chef et de ne pas présenter le flanc aux éperons chinois. Cette audacieuse manœuvre réussit : le *Hi-Yei* passa tout près des deux cuirassés, au milieu d'une canonnade épouvan-

table, perdit en peu de temps beaucoup de monde, eut le feu à bord tout près des soutes à munitions, faillit sauter avec tout son équipage, mais traversa la ligne chinoise.

Il n'était pas au bout de ses peines, car trois bâtiments chinois, le voyant en piteux état virèrent de bord et se mirent à sa poursuite afin de l'achever.

D'un autre côté le *Saikio* et l'*Akagi* éprouvèrent de grandes difficultés à doubler l'aile droite chinoise, soit que l'amiral Kabayama et les photographes aient désiré jouir du spectacle et ne pas trop s'éloigner sur la gauche, soit qu'un projectile chinois détraquant le servo-moteur ait empêché le paquebot de gouverner.

C'est alors que l'amiral Ito, voyant en danger le *Hi-Yei*, le *Saikio* et l'*Akagi*, fut forcé de se rapprocher de l'ennemi et de l'attaquer de plus près qu'il n'aurait voulu afin de dégager les navires compromis.

Il y parvint, mais perdit ainsi l'avantage que lui procurait un combat d'artillerie à une distance assez grande pour que la maladresse des canonniers chinois fit courir peu de dangers aux navires japonais, tandis que les canonniers japonais touchaient encore assez souvent les navires chinois.

A ce moment le *Matsushima* reçut coup sur coup deux obus ; le premier mit le gros canon Canet hors de service ; le second fit éclater un approvisionnement de cartouches de 12 *cm* à tir rapide.

Un canon à tir rapide est démonté et, paraît-il, jeté à la mer. L'officier canonnier est mis en miettes; on en retrouve seulement la casquette.

Cependant le *Saikio*, l'*Akagi* et le *Hi-Yei* ont pu s'éloigner grâce à cette double diversion.

L'amiral Ito recommence le combat en suivant la même tactique qu'au début ; les deux divisions tournent autour des navires chinois en se tenant à grande distance (1).

Bientôt le *King-Yuen* brûle et coule en chavirant.

Puis, vers 4 heures et demie de l'après-midi, le *Tsing-Yuen* et *Ping-Yuen* ayant le feu à bord et leur artillerie démontée s'enfuient vers le sud-ouest.

Les deux cuirassés accompagnés d'un torpilleur qui a pu les rejoindre ont à supporter l'effort de toute la flotte japonaise jusqu'à

(1) D'après certaines relations, l'amiral Ito aurait, à ce moment, quitté le *Matsuschima* fort avarié, et aurait hissé son pavillon sur le *Hashidate*.

la fin du jour; ils ont épuisé leurs obus et ne peuvent plus envoyer que des projectiles de rupture dont l'effet est relativement insignifiant sur des bâtiments ayant peu de cuirasse verticale.

Fig.62.

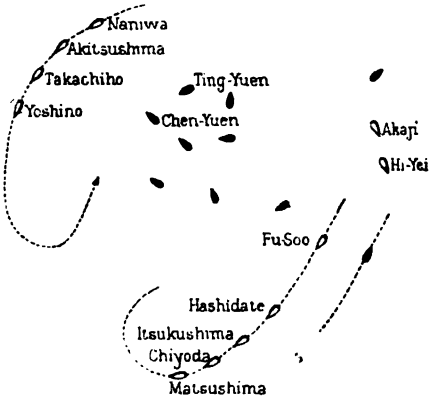


Fig.63.

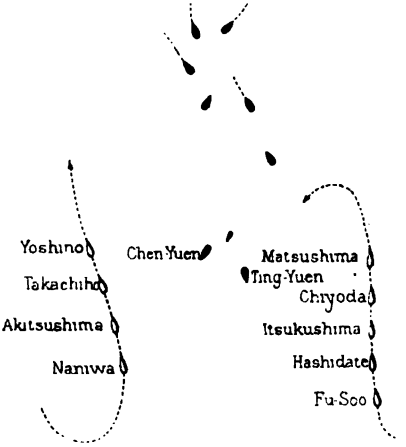


Fig.64.

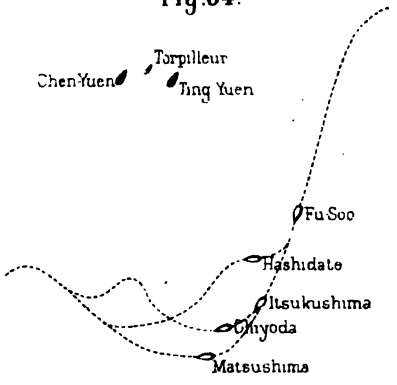
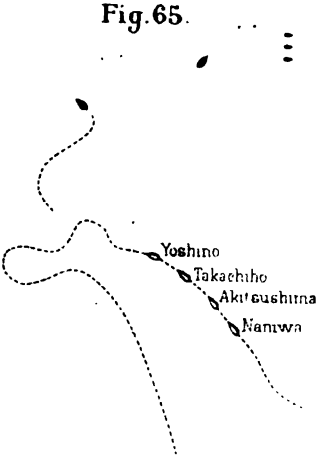


Fig.65.



Pourtant les Japonais ne peuvent forcer les deux blindés à se rendre.

A la tombée de la nuit, l'amiral Ito s'éloigne; il avait épuisé une bonne partie de ses munitions et craignait de s'exposer pendant l'obscurité à une attaque de torpilleurs.

Telle fut — autant que l'on peut démêler la vérité au milieu de renseignements contradictoires — cette bataille du Yalou qui décida sur mer le sort du conflit sino-japonais.

Les autres opérations maritimes de la guerre n'offrent aucun intérêt au point de vue des enseignements sur la construction des navires de combat.

La flotte japonaise resta jusqu'à la paix maîtresse incontestée de la mer; les troupes du mikado purent ainsi porter la guerre sur un territoire ennemi que la densité de la population, le manque de patriotisme des habitants, le peu d'obstacles naturels et l'absence de communications intérieures rendaient difficile à défendre.

Quant à l'escadre chinoise elle se laissa bloquer dans Waï-Haï-Waï; elle se rendit, lorsque cette place succomba l'hiver suivant sous les efforts d'une armée débarquée par la flotte japonaise.

***

Il est intéressant de voir quelles furent les pertes des combattants.

Celles des Chinois ne seront probablement jamais connues puisque l'on ignore encore le total, même approché, des équipages au moment du branle-bas et que plusieurs bâtiments du Fils du Ciel ont sombré avec tout leur monde pendant le combat.

Les Japonais, au contraire, ont fourni, sur la bataille du Yalou, des renseignements qui paraissent exacts.

Un rapport officiel en date du 17 novembre 1894 résume ainsi les pertes en tués et blessés :

	Tués.		Blessés.	
	Officiers.	Hommes.	Officiers.	Hommes.
Matsushima	2	33	5	71
Chiyoda	0	0	0	0
Itsukushima	0	13	1	17
Hashidate	2	1	0	9
Hi-Yei	3	16	3	34
Fusoo	0	2	2	10
Yoshino	0	1	2	9
Takachiho	0	1	0	2
Akitsushima	1	4	0	10
Naniwa	0	0	0	1
Akagi	2	9	2	15
Saikio	0	0	1	10
TOTAL	10	80	16	188

Ainsi, pour la flotte japonaise, le total général des tués et blessés s'est élevé à 294.

Les blessés qui moururent ensuite, soit à bord des navires, soit à l'hôpital, furent au nombre de 32. Ce total se décompose ainsi : à bord du *Matsushima*, 1 officier et 21 hommes; de l'*Itsukushima*, 1 homme; du *Hi-Yei*, 4 hommes; du *Fusoo*, 1 officier et 2 hommes; du *Yoshino*, 1 officier et du *Saikio*, 1 homme.

A la date du rapport, 2 officiers et 61 hommes seulement restaient à l'hôpital.

A la suite de ce tableau qui indique les pertes des deux escadres, nous donnerons le relevé suivant de la durée des réparations. Il est tiré de l'intéressant travail de M. C. Ferrand (1), Ingénieur des Constructions navales, sur la bataille du Yalou.

« La meilleure constatation du peu d'importance des avaries est le peu de temps qui fut nécessité pour leur réparation :

Ting-Yuen.	8 jours.
Chan-Yuen.	20 —
Ching-Yuen	8 —

» Les Japonais se réparèrent en quarante-huit heures par les moyens du bord, à l'exception du *Matsushima*, de l'*Hi-Yei* et de l'*Akagi*, qui durent retourner au Japon et furent immobilisés pendant un mois. »

Il paraît évident que les bâtiments n'ont dû pas être complètement réparés; mais il est probable que de part et d'autre on se sera contenté de les arranger tant bien que mal, afin d'être prêt le plus tôt possible. Il va sans dire que si les deux flottes avaient eu à leur disposition des obus à explosifs, les navires auraient été immobilisés pendant un laps de temps infiniment plus considérable.

Comme particularité, il faut noter que le commandant Sakamoto de l'*Akagi* fut tué par suite d'un coup de canon déterminant la chute du mât de misaine du haut duquel il donnait ses ordres. Une autre version dit que, se trouvant sur la passerelle, il fut tué, soit par l'obus qui renversa le mât, soit par la chute du mât même.

L'étude des tableaux résumant les caractéristiques principales des deux adversaires permet de faire des comparaisons intéressantes sur les forces navales engagées à la bataille du Yalou.

(1) *La Bataille du Yalou et ses conséquences au point de vue des constructions navales*, par M. C. Ferrand, Ingénieur des Constructions navales, Association technique maritime.

Le tonnage de la flotte japonaise (35 799 *tx*) était sensiblement le même que celui de la flotte chinoise (34 285 *tx*).

La puissance totale des machines des navires japonais (65 755 *ch*) était d'environ un tiers supérieure à celle des navires chinois (40 257 *ch*).

Ces chiffres montrent que la moyenne des vitesses des navires japonais devait être, ainsi qu'elle l'était, en effet, très supérieure à celle des navires chinois. Pourtant, l'amiral Ito n'était nullement maître d'accepter ou de refuser le combat parce que ses bâtiments les plus lents avaient une vitesse inférieure à celle des navires les plus rapides de l'amiral Ting.

L'artillerie japonaise, au-dessus du calibre de 10 *cm*, comprenait 98 canons lançant un poids total de projectiles de 4 914 *kg*; l'artillerie chinoise comprenait 53 canons lançant un poids total de projectiles de 5 926 *kg*.

Les Japonais avaient donc un plus grand nombre de pièces moyennes que leurs adversaires.

Si l'on cherche à évaluer approximativement le maximum des poids de projectiles que les deux flottes pouvaient lancer à la minute pendant un engagement de courte durée, on arrive à 8 086 *kg* pour les Japonais et à 2 432 *kg* pour les Chinois.

Si l'on suppose ensuite un combat plus prolongé, la vitesse de tir de l'artillerie à tir rapide diminue beaucoup plus que celle de l'artillerie ordinaire : en effet, la fatigue des hommes, et surtout l'échauffement des pièces empêchent de maintenir longtemps un feu très intense.

Dans ces conditions, les poids approximatifs de projectiles lancés à la minute par les deux flottes tombent à 4 129 *kg* pour les Japonais, et à 2 187 *kg* pour les Chinois.

Ces quatre chiffres montrent la supériorité que l'emploi de l'artillerie à tir rapide de moyen calibre assurait aux Japonais.

Cette supériorité était écrasante dans les rares mais très importantes périodes de combat rapproché et où l'intérêt des deux adversaires était de maintenir, coûte que coûte, un feu aussi violent que possible sans faire attention ni à la fatigue des canonniers, ni à la consommation des munitions, ni à l'échauffement des pièces.

Pendant les périodes plus longues de la lutte où les deux flottes étaient à une distance assez considérable, la supériorité de l'artillerie japonaise était moindre parce que la nécessité de ménager les hommes et les munitions, et de ne pas laisser les pièces

trop s'échauffer forçait à modérer le feu des pièces à tir rapide.

Il est à remarquer qu'aucun compte n'a été tenu de la vitesse initiale et par conséquent de la force vive de l'artillerie moyenne.

En effet, d'une part, les cuirasses du *Ting-Yuen* et du *Chen-Yuen* du *Matsushima*, de l'*Itsukushima* et de l'*Hashidate* étaient pratiquement impénétrables à cette artillerie. D'autre part, cette artillerie moyenne, même à très grande distance, pouvait faire chavirer ou couler tous les bâtiments des deux flottes, par la destruction des parties non protégées de leurs œuvres mortes. Or, les ravages que produit l'artillerie sur les portions non cuirassées d'un navire dépendent du poids des projectiles et surtout des charges d'éclatement des obus; la vitesse d'arrivée n'exerce aucune influence sensible. Un projectile animé d'une très grande vitesse peut même, dans certains cas, occasionner des dégats moindres que ceux qu'il ferait en arrivant plus lentement : d'abord, pour une fusée déterminée, les chances qu'a un obus d'éclater hors de la muraille, et même hors du navire, augmentent évidemment avec la vitesse d'arrivée de cet obus ; ensuite, les déchirements que produit un boulet heurtant des tôles légères sont parfois plus grands lorsque ce boulet arrive lentement que s'il arrive très vite et forme emporte-pièce.

Sans doute, les très grandes vitesses initiales ont deux immenses avantages: elles donnent des trajectoires très tendues et permettent, par suite, un tir plus précis aux canonniers qui ont moins à se préoccuper d'évaluer la distance du but; elles fournissent également des pénétrations supérieures dans les plaques de blindage. Mais dans le cas présent, comme dans tout combat entre bâtiments portant très peu de cuirasse verticale, l'énergie dynamique de l'artillerie n'a pas à intervenir, au moins dans certaines limites : le poids de projectiles lancés dans une période déterminée est le seul élément à considérer en admettant, bien entendu, que les adversaires se servent des mêmes espèces de projectiles.

Au contraire, pour les grosses pièces, tant chinoises que japonaises, capables, en pratique, de perforer les blindages de leurs adversaires, le cas est tout différent : il y a intérêt à considérer l'énergie dynamique.

Les huit canons Krupp de 30 1/2 *cm* des Chinois, d'un poids total de 287,2 *t* développaient ensemble 736 541 *tm*; les trois canons Canet de 32 *cm* des Japonais, d'un poids total de 195 *t*, développaient ensemble 634 266 *tm*. Ainsi les Chinois avaient à cet égard un certain avantage. Mais dans un combat entre deux flottes

composées de navires faiblement protégés, le rôle des boulets de perforation est à peu près nul; il n'y a donc pas lieu d'être surpris que la légère supériorité d'énergie de leur grosse artillerie n'ait pu donner la victoire aux Chinois, en admettant que ceux-ci eussent eu des canonniers égaux à ceux des Japonais.

En réalité, les gros canons ont fait peu de dégats de part et d'autre, parce que les équipages ne paraissent pas avoir été suffisamment habitués à leur manœuvre. Néanmoins on doit approuver l'idée d'avoir mis sur la flotte du Mikado les trois puissantes pièces Canet; car il n'est pas prouvé que les Japonais eussent osé attaquer les cuirassés chinois s'ils n'avaient su avoir à leur disposition des canons suffisamment puissants pour percer les blindages et détruire par un seul coup heureux les bâtiments de leurs adversaires.

Ces quelques considérations ne peuvent sans doute prétendre donner une idée exacte de la valeur relative des escadres qui ont combattu à la bataille du Yalou. Les questions maritimes sont par leur essence même, trop complexes pour qu'on puisse les étudier rapidement : elles comprennent la navigation, la balistique, la chimie des explosifs et la mécanique générale, la résistance des fluides, la stabilité statique, la stabilité dynamique, les générateurs de force et les moteurs.

Aussi, les tableaux synoptiques précédents, et la rapide esquisse faite des caractéristiques principales des navires de combat de la Chine et du Japon, n'ont eu pour but que de donner quelques indications très générales sur la puissance militaire des deux adversaires.

Prétendre résumer par des tableaux synoptiques les forces réelles des machines de guerre actuelles conduit le plus souvent à des résultats complètement erronés qui ne peuvent supporter ni la critique ni même l'examen.

CONCLUSIONS

La bataille du Yalou a été uniquement un combat d'artillerie ; le rôle de l'éperon et de la torpille y a été nul.

L'amiral Ito n'avait pas de torpilleurs. Il a évité de se rapprocher à distance de lancement de torpille car il savait que les canonniers chinois étaient moins exercés que les siens ; son intérêt était donc de se tenir à une distance telle qu'il fallut une certaine adresse pour atteindre l'adversaire. La même raison lui interdisait le combat par le choc. De plus, le léger pont blindé sous-marin rendait les navires construits par M. Bertin presque invulnérables contre les projectiles de rupture reçus par le travers, tandis qu'il ne les garantissait point contre les coups d'enfilade.

La simple inspection des deux schémas ci-joints montre la différence de protection que donne le même pont sous-marin dans des positions différentes du navire.

Fig.66

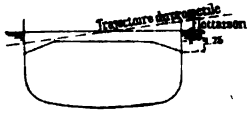
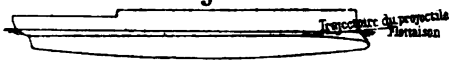


Fig.66bis



Les cuirassés chinois pouvaient, au contraire, combattre indifféremment par le travers ou en pointe, c'est-à-dire en tenant leur avant ou leur arrière dirigé sur l'ennemi.

Comme le montrent ces trois schémas, leurs caissons cuirassés les protégeaient à peu près également dans toutes les directions.

Fig.67

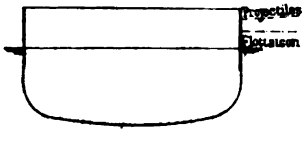


Fig.67bis

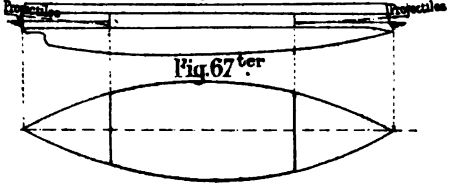


Fig.67ter

Ainsi, les trois plus forts navires du Mikado, à condition de ne combattre que par le travers, étaient parfaitement garantis contre les boulets de rupture; dans toutes les positions ils étaient très vulnérables aux obus.

Les deux cuirassés du Fils du Ciel étaient, dans toutes les positions, sérieusement garantis contre les boulets de rupture et très bien protégés contre les obus.

On ne comprend donc pas pourquoi aucun navire chinois, si ce n'est le *Tschi-Yuen*, n'ait tenté le coup d'éperon, ce qui, en tout cas, aurait eu pour les Chinois l'avantage de combattre au moins pendant quelque temps à une distance où les plus maladroits canonniers ne pouvaient guère manquer leurs adversaires.

La non-utilisation des torpilleurs chinois, pendant ou après le combat, est également inexplicable.

Les deux armements principaux étaient à peu près égaux : les huit Krupp de 30,5 *cm* répartis deux à deux dans quatre tourelles avaient sensiblement la même puissance que les trois canons Canet de 32 *cm* placés dans trois tourelles; ces onze grosses pièces pouvaient percer toutes les cuirasses de l'une ou l'autre flotte.

Les Japonais avaient l'avantage de l'artillerie moyenne à tir rapide — comme nombre de pièces et vitesse de tir. — Ils ont ainsi pu faire beaucoup d'avaries secondaires et mettre le feu dans les œuvres-mortes des bâtiments chinois sans pourtant avoir été capables d'entamer sérieusement les cuirassés.

Les Japonais avaient des navires généralement plus rapides que ceux des Chinois; mais, contrairement à l'opinion généralement admise, ils n'en ont tiré aucun avantage sensible.

La division volante composée de bâtiments ayant des vitesses de 17 nœuds a évolué à 12 nœuds environ.

Quant à la division principale, elle n'a guère dépassé 10 ou 11 nœuds.

Comme les deux cuirassés chinois avaient au moins cette vitesse, il s'ensuit que l'amiral Ito n'était nullement maître de choisir l'heure et la distance de combat.

D'ailleurs, la conception de la supériorité de la vitesse d'une flotte est généralement une illusion; en effet, cette vitesse n'est que celle du plus mauvais marcheur. Pour qu'un amiral soit maître de refuser le combat, il faut donc que son plus mauvais marcheur ait en service courant une vitesse supérieure au navire le plus rapide de l'escadre ennemie — en admettant, bien entendu, que celui-ci ait une valeur militaire à peu près égale à celle du dernier bâtiment de l'escadre chassée.

Or, les progrès incessants de l'artillerie, de la métallurgie et de la mécanique forcent constamment à mettre en chantier des navires différant de leurs prédécesseurs par les vitesses et

généralement les dimensions plus fortes, voire même par les qualités nautiques.

Il en résulte que les bâtiments les plus récents sont généralement supérieurs à leurs prédécesseurs et comme rapidité et comme puissance militaire.

On n'obtiendra donc une flotte dont les bâtiments pourront avoir la même vitesse que si l'époque actuelle de progrès est suivie par une longue période pendant laquelle ni l'artillerie, ni la métallurgie, ni la mécanique ne feront le moindre pas en avant; c'est à cette condition, et à cette condition seule, qu'on pourra espérer posséder des escadres homogènes dont tous les bâtiments auront la même vitesse, la même facilité d'évolution et la même puissance militaire.

Jusqu'à ce que ce moment arrive — et rien ne prouve que nous en soyons proches — il faudra bien que les amiraux mènent au feu des escadres composées de types différant sensiblement les uns des autres par la puissance militaire et, chose plus grave, par la facilité d'évolution et la vitesse. On doit aujourd'hui borner son ambition à ne pas multiplier, sans aucune nécessité, les types de navires, de machines et de canons. Tout ce que l'on peut espérer c'est de posséder des groupes de navires homogènes comme en ont les Anglais et les Italiens.

Quoi qu'il en soit, la conséquence forcée de la composition hétérogène des flottes modernes est qu'une force navale un peu considérable ne peut généralement pas accepter ou refuser le combat à sa volonté, alors même qu'elle est composée de navires ayant pour la plupart une vitesse supérieure à celle de ses adversaires.

Si elle se retire et se fait chasser, ses bâtiments les plus lents ou ayant des avaries de machines sont bientôt rejoints par les navires ennemis les plus rapides. Le combat qui s'engage dans ces conditions se terminera fatalement, pour peu qu'il se prolonge, par la destruction partielle ou totale de l'escadre poursuivie : tout bâtiment chassé qui, par suite de coups reçus ou d'une avarie accidentelle, ralentit trop sa marche est perdu, puisqu'il est rejoint et bientôt écrasé par le gros de chasseurs; au contraire, tout bâtiment chasseur dont la marche se trouve réduite par une cause quelconque, voit les chassés s'éloigner de lui et se trouve rapidement protégé par le gros de forces amies.

En définitive, un amiral n'est libre de refuser indéfiniment le combat que si les machines de tous ses navires fonctionnent parfaitement, et que si le plus mauvais marcheur de son escadre a

une vitesse supérieure à celui ou à ceux des navires ennemis possédant une puissance militaire suffisante pour l'attaquer avec chances de succès.

Autant dire que ce cas ne se présentera presque jamais, pour peu que les nécessités d'une guerre sérieuse forcent un pays à utiliser l'ensemble de sa flotte.

Ainsi la supériorité de vitesse n'existe et ne permet de choisir le moment et la distance de combat que dans un duel de navires ou dans une rencontre entre deux escadres homogènes; c'est-à-dire ne comprenant qu'une faible proportion des forces militaires des belligérants; dans une grande bataille navale où sont engagés la plupart des bâtiments des adversaires, elle ne saurait exister.

Sans doute, il ne faut pas sacrifier la vitesse : en effet, les navires peuvent avoir à combattre seuls ou en petits groupes; en outre, une légère supériorité ou tout au moins l'égalité de vitesse comparativement aux navires ennemis de construction plus ancienne est nécessaire pour forcer ses adversaires à accepter malgré eux la bataille ou à perdre leurs navires relativement anciens. Mais il ne faut pas sacrifier à la vitesse trop de qualités militaires soit offensives, soit défensives.

Les deux vraies causes de la victoire des Japonais sont d'abord la supériorité de leur personnel et ensuite la justesse de la conception tactique qui avait déterminé à la fois les plans de leurs croiseurs et leur formation de combat.

Les marins japonais ont montré qu'ils avaient infiniment plus de courage, de discipline, d'énergie, d'entraînement et d'instruction que leurs adversaires. Sans doute, ils paraissent avoir commis des fautes dont la plus grave est sans contredit de ne pas s'être suffisamment exercés à la manœuvre de leurs gros canons. Mais, une marine sans défauts n'existe pas; et en admettant même que les officiers et les matelots du Mikado aient été encore très éloignés de la perfection ils en étaient certainement beaucoup plus rapprochés que leurs adversaires.

La valeur du personnel reste donc aujourd'hui ce qu'elle a toujours été : le principal élément de succès ou de défaite. C'est là une vérité que l'on ne devrait jamais sacrifier aux sophistes de la hideuse et néfaste théorie du nombre.

La seconde, cause de la victoire des Japonais, a été le fait que M. Bertin a construit des bâtiments disposés de façon à se battre

par le travers, parce qu'il était convaincu depuis longtemps que la ligne de file (1) était le seul ordre possible de bataille. L'amiral Ito partageait également cette opinion; mais alors même qu'il eût pensé autrement, force lui était de combattre ainsi, afin de pouvoir utiliser la grosse pièce du *Matsushima* placée à l'arrière de ce bâtiment.

Au contraire, l'artillerie des navires chinois était, sans aucun doute, plutôt disposée en vue d'une action en pointe, c'est-à-dire en dirigeant l'avant ou l'arrière, et non les flancs, sur l'ennemi.

L'amiral Ting devait donc être conduit à former sa flotte en ligne de front (2).

Les avantages de la ligne de file sont aussi nombreux que les inconvénients de la ligne de front.

Dans la première, tout bâtiment qui, par suite d'une avarie de l'appareil à gouverner ou par suite d'une fausse manœuvre, quitte son poste, ne gêne en rien ses voisins.

Il n'inquiète pas le navire qu'il suit; et pour ne point l'aborder, les navires qu'il précède n'ont qu'à continuer leur route.

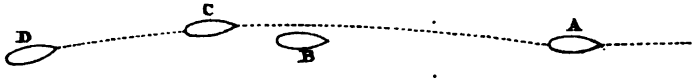
Si C fait une embardée, il n'inquiète pas B; D et E évitent facilement C.

Fig.68

Si un bâtiment stoppe, les navires suivants peuvent l'éviter facilement, puisque l'obstacle constitué par le navire stoppé n'a que la largeur de ce navire.

C et D évitent facilement B qui est stoppé. D'ailleurs, un navire

Fig.69



stoppé continue longtemps sur son erre. Les navires C et D qui suivent B ne s'en rapprochent que très lentement et ont, par con-

(1) On nomme ligne de file un ordre dans lequel chaque bâtiment navigue constamment dans le sillage du bâtiment précédent, c'est-à-dire suit exactement le chemin qu'ont déjà parcouru les bâtiments précédents.

(2) On nomme ligne de front un ordre dans lequel chaque bâtiment navigue à côté des autres bâtiments.

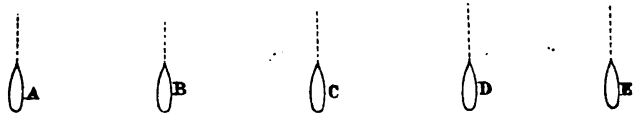
séquent, tout le temps nécessaire pour l'éviter, soit d'un côté, soit de l'autre.

Ainsi, le bâtiment qui fait une fausse manœuvre ou reçoit une avarie, ne met pas ses voisins en danger immédiat et ne jette pas le désordre dans une escadre entière.

Dans la ligne de front les choses se passent bien différemment. Il est vrai qu'un navire qui stoppe ne gêne pas plus ses voisins que dans la ligne de file.

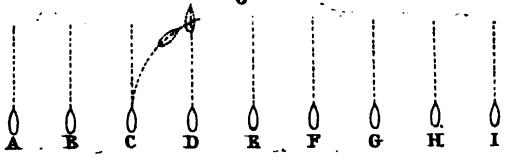
Si C stoppe et court sur son erre A, B, D et E n'ont qu'à continuer leur route.

Fig. 70



Mais si un navire C fait une embardée, il menace l'un de ses voisins D. Si celui-ci continue sa route, il risque de rencontrer C : l'un de ces navires, sinon les deux, peut recevoir de graves avaries ou être coulé.

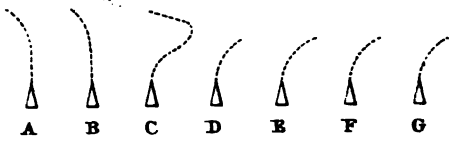
Fig. 71



Au contraire, si D sort de sa route, il risque fort d'aborder E, en admettant que celui-ci continue sa route.

Par conséquent, pour éviter de nombreuses chances d'abordage, tous les bâtiments qui se trouvent du côté vers lequel un navire embarde sont forcés de se déranger; un navire quelconque qui, dans une ligne de front, fait deux embardées opposées, peut jeter le désordre dans une flotte entière.

Fig. 72



Tels sont les inconvénients de la ligne de front en temps ordinaire, lorsqu'une escadre navigue; ils ne sont rien en comparaison de ce qui se passe pendant le combat.

Alors l'émotion qui étreint les cœurs les plus braves, le tonnerre de la grosse artillerie, les déchirements stridents des pièces à tir rapide, le fracas assourdissant des obus, la fumée, décuplent,

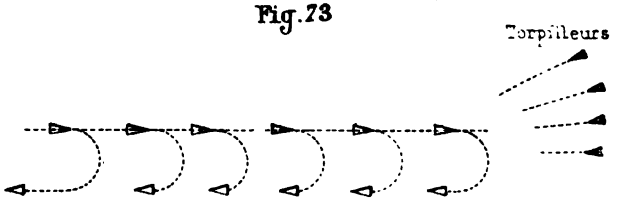
centuplent même les chances d'erreur pour le commandant et l'officier qui tient dans ses mains la roue du servo-moteur du gouvernail. Si le poste du commandant est détruit, ou si les transmissions sont coupées entre ce poste et le servo-moteur situé sous le pont blindé, le navire marche alors absolument au hasard : les officiers situés au-dessus du pont blindé — les seuls qui puissent voir ce qu'il faut faire — sont dans l'impossibilité de communiquer avec ceux postés au-dessous de ce pont blindé, — les seuls qui puissent alors exercer une action sur la direction du bâtiment.

Dans ces conditions, il est presque impossible qu'à un moment donné un bâtiment ne fasse point une ou plusieurs embardées alors qu'il devrait se diriger en ligne droite, ou bien inversement ne fonce droit devant lui tandis qu'il devrait abattre sur un bord.

Il faut encore ajouter qu'une escadre peut être obligée de venir brusquement d'un bord ou de l'autre lorsqu'elle est attaquée par des torpilleurs : en effet, les cuirassés cherchent à tenir le plus longtemps possible sous leur feu les fragiles adversaires qui ne deviennent redoutables qu'à la portée efficace de torpille, soit 400 *m* environ ; les blindés doivent donc fuir devant les torpilleurs pour n'en être rejoints que par suite de la différence des vitesses respectives.

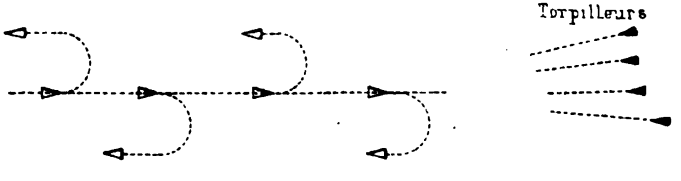
Un tel mouvement est facile pour une escadre en ligne de file, soit que les navires viennent tous du même bord,

Fig. 73



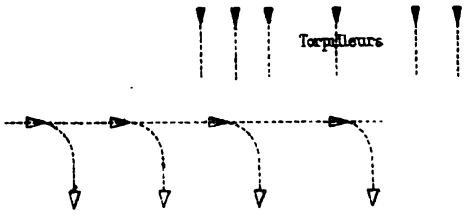
soit qu'ils abattent de bords opposés.

Fig. 74



Le mouvement est encore aussi facile si l'attaque vient de flanc.

Fig.75



Les schémas montrent que ces mouvements sont aisés, même avec des navires très rapprochés, et qu'un bâtiment qui manœuvre mal ne fait courir aucun danger à ses voisins.

Au contraire, dans la ligne de front, un tel mouvement ne peut se faire sans danger avec des navires rapprochés que si tous les bâtiments abattent tous du même bord et à la fois. Sinon ils

Fig.76

peuvent s'aborder. Théoriquement même, des navires en nombre pair pourraient se couler deux à deux par suite de fausses manœuvres.

Fig.76bis

Pour qu'il n'y eut aucun danger, il faudrait que les bâtiments fussent éloignés les uns des autres d'une distance sensiblement plus grande que la somme de leurs rayons de giration, mais un

Fig.77

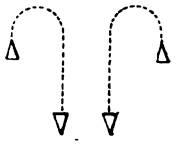
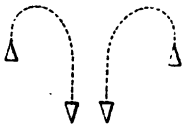


Fig.78



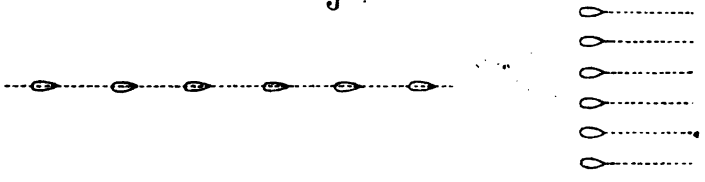
tel éparpillement des navires n'est guère admissible, car l'on n'arrive à produire sur un point déterminé le grand effort qui décide la victoire, qu'en y accumulant des forces supérieures à celles de l'ennemi.

Enfin, il faut ajouter que la ligne de file est le seul ordre dans lequel un amiral puisse espérer guider à peu près son escadre après que les premiers coups de l'ennemi auront haché et détruit les superstructures et appareils de signaux de son navire : comme le Béarnais il lui suffira d'avoir d'avance ordonné à ses capitaines de le suivre.

Au contraire, l'amiral qui aura rangé son escadre en ligne de front, en suivant les mêmes ordres dérivés de la ligne de front, doit s'attendre d'avance, si l'action est chaude, à voir ses navires constituer un ramassis informe, analogue à celui que formait l'escadre chinoise au Yalou. Les navires pourront individuellement se battre mieux que ne l'ont fait ceux du Fils du Ciel; mais ils ne se battront pas avec plus d'ordre, vu que dans l'état actuel des connaissances humaines un navire dont les superstructures et les mâts sont détruits n'a aucun moyen de communiquer avec les autres bâtiments pour leur indiquer les mouvements à exécuter.

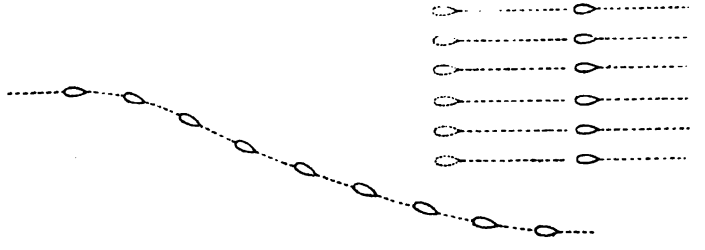
En résumé, la ligne de file est la seule formation de combat qui soit pratique; on peut toujours l'appliquer, même dans le cas d'une poursuite, à condition de se diriger la ligne non pas sur le centre des chassés, ce qui exposerait les premiers navires chasseurs à être écrasés par les pièces de retraite des chassés,

Fig. 79



mais en la dirigeant sur une des ailes,

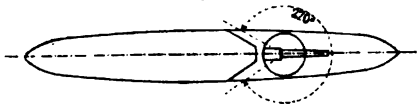
Fig. 80



ce qui permet d'écraser les navires de cette aile.

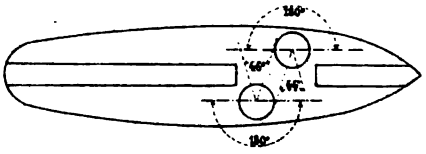
M. Bertin était depuis longtemps convaincu que la ligne de file était le seul ordre de combat possible; il l'avait souvent dit et répété aux Japonais; et il avait, en conséquence, disposé ses navires pour un combat par le travers.

Fig.81



Au contraire, les Ingénieurs allemands qui avaient construit les cuirassés chinois étaient — comme la plupart des européens à cette époque — imbus des idées du combat en pointe.

Fig.82



L'artillerie des deux plus forts navires chinois était mieux disposée pour tirer en pointe que par le travers; et c'est sans doute ce fait qui a le plus poussé l'amiral Ting à adopter cette dangereuse formation.

***

Cette digression purement tactique est un peu longue; elle est pourtant absolument indispensable afin de mettre en lumière l'enseignement technique de la bataille du Yalou. C'est qu'un navire de combat est — ou devrait être — un outil destiné à permettre d'atteindre un but déterminé; il est donc impossible de pouvoir construire un navire fournissant l'utilisation maxima d'une dépense et d'un déplacement donnés si l'on ne sait déterminer d'avance la façon d'utiliser ce navire.

La conséquence immédiate de ce qui vient d'être établi est que le gros armement d'un navire de combat doit être disposé pour tirer en travers; il en résulte qu'un navire n'ayant qu'une seule tourelle — comme les croiseurs japonais et les cuirassés anglais du type *Hero* et *Victoria* — ont tout avantage à avoir leur tourelle placée à l'arrière et non à l'avant.

Fig.83

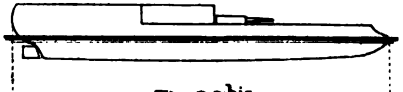
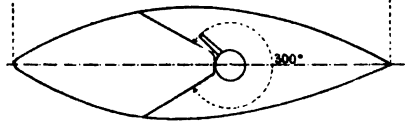


Fig.83bis

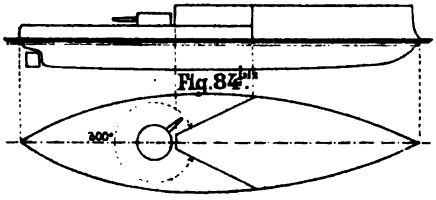


Voici un schéma du *Victoria*, coulé accidentellement en 1893 par le *Camperdow*.

La tourelle unique, qui contient deux pièces de 110 *t*, est à l'avant avec un champ de tir de 300°.

Or, d'après ce qui précède, un navire construit d'après le schéma suivant, c'est-à-dire avec la tourelle à l'arrière avec le même champ de tir de 300° aurait la même valeur militaire en eau calme et une valeur militaire bien supérieure par grosse mer. En effet, son avant bien défendu ne serait pas constamment noyé comme l'était celui du *Victoria;* la pièce située à l'arrière serait soumise à des tangages beaucoup moins violents et, par suite, fatiguerait beaucoup moins le navire et aurait un tir meilleur; enfin les superstructures avant la défendraient contre les embruns et contre les plus mauvais coup de mer, c'est-à-dire ceux qui viennent par l'étrave et par les joues.

Fig.84



C'est ainsi que le *Matsushima*, avec son canon à l'arrière, avait sur les autres navires une incontestable supériorité à laquelle il doit sans doute d'avoir été choisi par l'amiral Ito pour porter son pavillon.

Comme on le voit, cette déduction rigoureuse de l'ordre de combat est très importante, car elle fournit de précieuses indications sur la meilleure répartition des poids dans un navire de combat.

*
* *

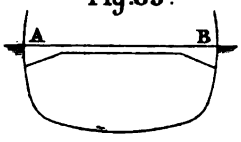
La bataille du Yalou nous donne d'importantes indications sur la valeur des divers systèmes de protection des navires.

La catastrophe du *Tschi-Yuen* montre les dangers des ponts cuirassés en dos d'âne très prononcé avec absence de tranche cellulaire convenablement établie.

Fig.85

Le *Tschi-Yuen* a chaviré probablement parce qu'une série de compartiments en abord, tels que A ou B, a été remplie.

Fig.85bis



Avec le pont sous-marin, les compartiments auraient probablement été remplis d'un bord à l'autre de A en B.

Le navire aurait embarqué un poids d'eau plus considérable que dans le premier cas, mais ce poids mieux réparti n'aurait pas eu les résultats aussi désastreux sur la stabilité.

Il suffit pour s'en convaincre de se rapporter à ce qui a été dit au sujet du métacentre différentiel et de l'influence sur la stabilité qu'ont, d'une part, l'addition d'un poids et, d'autre part, le transport d'un poids suivant le plan d'un couple.

D'après certains récits le *Tschi-Yuen* aurait eu son pont blindé percé. Si le fait est exact, il prouve seulement ce que montre la seule inspection du schéma : un pont en dos d'âne ou à bouge très prononcé risque d'accasionner la perte du navire soit par suite du chavirement occasionné par l'envahissement de l'eau dans les compartiments en abord, soit par suite de sa perforation résultant du fait de ne point être situé au-dessous de la trajectoire des projectiles.

En outre, le pont à bouge, s'il est mince, n'offre aucune protection contre un projectile de rupture.

S'il est épais, on peut aisément faire le calcul d'après lequel on s'aperçoit qu'à poids égal il ne protège pas mieux contre les gros projectiles qu'un caisson rectangulaire du type français ordinaire ayant un pont horizontal mince et les parois verticales épaisses; et ce caisson rectangulaire assure bien mieux que le pont à fort bouge la stabilité du navire contre la petite artillerie.

En tout cas, le pont à fort bouge paraît actuellement un nonsens impossible à justifier, si ce n'est, dit-on, par une certaine économie de construction.

Il n'aurait de raison d'être militaire que sur des navires destinés à attaquer les côtes et que l'on voudrait protéger contre les mortiers rayés.

Quant au pont sous-marin avec cofferdam de cellulose, il paraît constituer une excellente protection contre les projectiles de rupture. L'expérience en a été faite au Yalou : la cellulose se gonfle dès qu'elle est mouillée et elle arrête l'envahissement de l'eau.

Il y a aujourd'hui une certaine réaction contre la cellulose qui, on ne sait trop pourquoi, n'a jamais été bien accueillie : on lui reproche de pourrir et de prendre feu sous l'action des explosifs modernes.

Pourtant, s'il n'existe aucune autre matière obturante légère, non pourrissable, incombustible, et se gonflant sous l'action de l'eau, — ce qui n'est d'ailleurs pas prouvé — ne pourrait-on se

résoudre à changer de temps en temps la cellulose des cofferdams après l'avoir rendue incombustible?

La cuirasse verticale a montré qu'elle résistait aux projectiles infiniment mieux que n'auraient pu le faire préjuger les expériences de polygone.

Ce fait n'est pas nouveau : le combat du croiseur anglais *Shah* contre le cuirassé chilien le *Huascar* l'avait déjà démontré. Pourtant, on semblait l'avoir entièrement perdu de vue.

A ce propos, il est bon de se rappeler que le gros canon Canet de 32 *cm* et de 66 *t* était à l'époque de sa construction le minimum qui parût absolument nécessaire pour percer toutes les cuirasses à flot : il lançait un projectile de 420 *kg* avec une vitesse initiale de 710 *m* à la seconde. C'est à peu près ce que faisait le 34 *cm* de la marine française. Aujourd'hui, on s'en tient chez nous au canon de 30,5 *cm* pesant une cinquantaine de tonnes; il lance un projectile d'environ 300 *kg* à une vitesse initiale qui atteint 800 *m*.

On compte sur l'augmentation de vitesse initiale pour conserver la même force vive avec une arme plus légère; mais, sans tenir compte du fait que la capacité intérieure d'un obus et par suite les ravages que produit l'explosion de cet obus diminuent beaucoup avec son poids, il est permis de se demander si l'abandon du canon de 340 *mm* est une mesure sage en présence des progrès effectués dans la fabrication des blindages. D'ailleurs les résultats de la bataille du Yalou montrent que les coups normaux sont très rares et qu'il faut, en pratique, pour percer une cuirasse déterminée, une pièce beaucoup plus puissante que ne l'indiquent les résultats de polygone et les tables de tir.

Les Américains semblent se préoccuper de ce fait et paraissent vouloir revenir à leur canon de 33 *cm* qu'il avaient abandonné pour le canon de 30,5 *cm*; il y a certainement là matière à réflexions sérieuses.

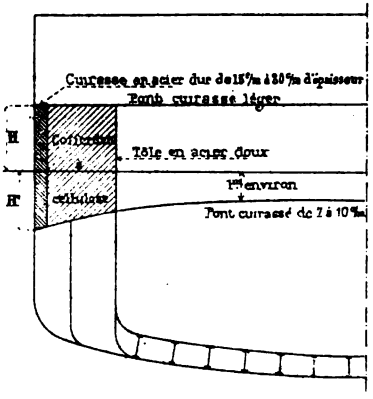
Si la cuirasse se montre une protection effective contre la grosse artillerie, elle est absolument indispensable contre la moyenne artillerie à tir rapide et la petite artillerie à tir rapide.

La première a des calibres variant de 10 à 20 *cm* et lance à la minute de dix à trois projectiles dont le poids varie de 10 à 90 *kg*; la seconde, dont les calibres sont compris entre 3,7 *cm* à 10 *cm*, lance des grêles de projectiles d'un poids supérieur à 453 *gr*, minimum fixé par les conventions internationales.

Le meilleur mode de protection de la flottaison — surtout si

l'on tient compte des explosifs puissants — semble donc être une combinaison du pont sous-marin avec la cuirasse verticale.

Fig.86



Les hauteurs H et H' de la ceinture au-dessus et au-dessous de l'eau varient avec les classes de navires ainsi qu'on le verra plus loin.

Les nombreux et graves incendies qui, malgré toutes les précautions prises, ont éclaté sur les bâtiments de l'amiral Ito et principalement à bord des navires de l'amiral Ting montrent quels dangers, dans les batailles futures, l'explosion des obus fera courir aux cuirassés et aux croiseurs où les boiseries n'auront pas été rendues incombustibles ou supprimées entièrement.

De ces deux solutions, la dernière est probablement la meilleure au point de vue du combat. Pourtant, il faut un isolant pour empêcher que les températures extrêmes ou variables ne rendent la vie impossible à bord : il est donc préférable de chercher le moyen d'empêcher le bois de brûler ou bien d'inventer un isolant incombustible.

Enfin la bataille du Yalou a montré que tout engagement un peu énergique amènera rapidement la destruction des œuvres-mortes non cuirassées et des hommes non protégés par des blindages.

Cependant, ni les Japonais ni les Chinois n'avaient des obus à grande capacité et chargés d'explosifs puissants tels que la mélinite.

On peut donc être certain que dans les batailles futures les œuvres-mortes non cuirassées seront complètement détruites avec tout le personnel qu'on y aura posté. Cette conclusion est très importante. D'abord elle montre que les torpilleurs qu'on aura pu tenir en réserve auront soit à la fin du combat, soit pendant la nuit suivant le combat, de très grandes chances de couler les cuirassés dont la petite artillerie à tir rapide située sur les œuvres-mortes aura été détruite en même temps que ces œuvres-mortes. Ensuite elle rend plus complexe la question de la stabilité du navire exposé au feu de l'ennemi : dorénavant il faudra étudier

les courbes des moments de redressements des navires de combat non seulement en les supposant intacts mais surtout en les supposant réduits à leurs parties cuirassées.

Il est triste d'avoir à constater que cette étude donne pour beaucoup de nos navires des résultats effrayants. On s'en console un peu en constatant que les marines étrangères sont généralement aussi mal partagées que la nôtre, parfois même beaucoup plus mal, et très rarement mieux.

Croiseurs.

La précédente étude permet de donner quelques aperçus, quelques indications, sur la construction des navires de guerre moderne.

Nous admettons que l'on ne peut aujourd'hui envoyer des hommes au combat, qu'à la condition de les abriter contre les obus des adversaires probables, et que le navire qui les porte doit être construit de façon qu'il ait une stabilité suffisante en ne tenant compte que des parties suffisamment cuirassées pour résister aux obus de ces adversaires probables.

Ceci conduit immédiatement à diviser une flotte en deux catégories : les croiseurs et les cuirassés.

Les croiseurs ont ou doivent avoir les caractéristiques suivantes :

Une grande vitesse et, par conséquent, une puissante machine, une grande longueur et une faible largeur relatives.

Un fort approvisionnement de charbon.

Un poids d'artillerie relativement faible par rapport au déplacement du navire.

Une grande habitabilité, et par conséquent des œuvres-mortes relativement considérables.

Une cuirasse de 10 à 15 *cm* d'épaisseur.

La flotte française comprend actuellement cinq navires de ce genre et, à ce point de vue, elle a heureusement aujourd'hui une grande avance sur les flottes étrangères.

Le plus réussi est sans contredit le *Dupuy-de-Lôme*. Il déplace 6 300 tonnes, a une vitesse de 19 à 20 nœuds, et porte 2 pièces de 19 *cm* et 6 de 16 *cm*, chacune dans une tourelle séparée.

Les deux pièces de 19 *cm* sont placées sur les flancs et tirent en chasse et en retraite directes avec un angle de tir de 180°. Les

6 pièces de 16 *cm* sont en deux groupes de 3, l'un à l'avant l'autre à l'arrière.

Le bâtiment dispose, en retraite ou en chasse directes, de ses

Fig.87

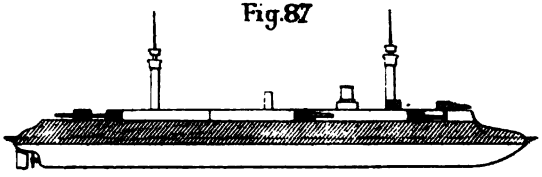
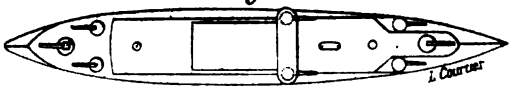


Fig.87bis



deux 19 *cm* et de trois 16 *cm* ; par le travers de un 19 et de quatre 16.

Le rapport du poids *p* de l'artillerie au déplacement P est égal à $\frac{1}{98}$ (1).

La cuirasse a 10 *cm* d'épaisseur sur la coque, les tourelles et le poste du commandant.

Les quatre navires du type *Chanzy*, ont 4 750 tonnes de déplacement ; leur vitesse est de 18,5 nœuds ; leur artillerie comprend 2 canons de 19 *cm* placés dans l'axe, l'un à l'avant et l'autre à l'arrière, et 6 pièces de 14 *cm* réparties sur les flancs. Toutes ces pièces sont chacune dans une tourelle.

Fig.88

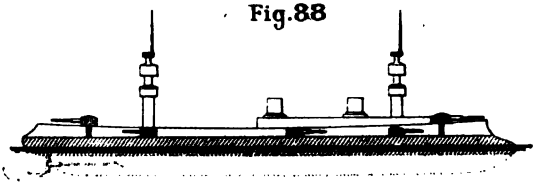
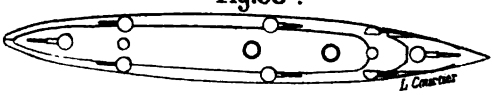


Fig.88bis



Le navire dispose en chasse directe et presque en retraite

(1) Nous prenons pour poids *p* le total des poids des pièces sans leurs affûts.

directe de un 19 et de quatre 14 *cm*; par le travers il a ses deux 19 et trois 14 *cm*.

Le rapport $\frac{p}{P} = \frac{1}{96}$.

Ces navires sont trop petits pour le programme qu'on a voulu réaliser; ils ont une machine insuffisante et peu de charbon.

Un défaut sérieux est certainement l'absence d'une traverse blindée à la hauteur des tourelles avant de 14 *cm* et d'un second pont blindé allant de l'étrave à cette traverse au can supérieur de la ceinture cuirassée, de façon à empêcher le navire d'embarquer trop d'eau lorsqu'il marchera par mer debout et aura reçu quelques obus dans son avant au-dessus de son blindage. Le même défaut existe sur le *Dupuy-de-Lôme*, mais offre moins d'inconvénients à cause de la grande hauteur de la ceinture cuirassée.

Enfin le pont blindé de tous ces navires offre un bouge beaucoup trop prononcé.

Malgré ces critiques, cette escadre de cinq croiseurs que va bientôt renforcer un sixième, le *Pothuau*, présente une valeur très sérieuse : c'est bien certainement ce que la marine française a de mieux aujourd'hui.

Ces bâtiments agrandis peuvent servir de type à nos futurs croiseurs.

Quant aux inconvénients et aux avantages relatifs de la disposition de l'artillerie du *Dupuy-de-Lôme* et du *Chanzy*, les deux ont des avantages et des inconvénients.

Le *Dupuy-de-Lôme* est mieux armé en pointe; le *Chanzy* par le travers.

Il résulte d'après ce qui a été dit que, pour agir en escadre nombreuse, la disposition du *Chanzy* serait préférable, tandis que la disposition du *Dupuy-de-Lôme* pourrait paraître supérieure pour le combat par petits groupes ou surtout pour le duel.

Il semblerait donc au premier abord que la distribution des pièces du *Dupuy-de-Lôme* dût être préférée. En effet, un croiseur ayant de bout en bout une haute ceinture de 10 *cm* d'épaisseur sera dans un combat par le travers médiocrement protégé contre les boulets de rupture des canons de 15 *cm* des croiseurs étrangers. Au contraire, il sera dans un combat en pointe absolument protégé non seulement contre les boulets de rupture des 15 *cm*, mais même contre des canons beaucoup plus gros.

En effet, on admet que la perforation π_i d'un boulet rencontrant une plaque de telle sorte que son axe fasse un angle i avec la

surface de la plaque est sensiblement égale au produit de la perforation π_N du boulet frappant normalement la plaque multiplié par le sinus de l'angle i.

$$\pi_i = \pi_N \times \sin i.$$

On admet également que si l'angle i est au-dessous de 45°, il y a généralement ricochet. Pourtant il faut ajouter que l'on prétend que les Allemands ont pu éviter le ricochet, même sous des angles très petits, en se servant de projectiles à tête plate.

Mais, d'un autre côté, les effets destructeurs des obus à explosifs puissants semblent s'exercer avec le maximum d'intensité suivant des directions sensiblement normales à la trajectoire et non point suivant cette trajectoire elle-même.

De plus, si un obus pénètre le blindage, il a d'autant plus de chances d'éclater dans le navire qu'il parcourt un trajet plus long dans ce navire; et un boulet de rupture qui entre par la hanche ou la joue d'un bâtiment peut atteindre le pont blindé sous-marin plus aisément que s'il arrive par le travers.

Enfin, la question de différence de surface offerte aux coups de l'ennemi n'a pas grande importance, parce que les erreurs d'évaluation de distance et surtout les coups de roulis et de tangage font que le tir est généralement beaucoup plus mauvais en hauteur qu'en direction.

Il n'est donc pas prouvé que, dans un duel de navires, il y ait avantage à combattre en pointe.

Ces considérations jointes au fait que l'on peut toujours être forcé d'employer les croiseurs en groupes importants, et par conséquent en ligne de file, montrent donc qu'il faut préférer la disposition de l'artillerie du *Chanzy* à celle du *Dupuy-de-Lôme*.

On peut aussi désirer avoir un croiseur blindé dans le genre des croiseurs japonais, des grands navires italiens, et des nouveaux cuirassés anglais, c'est-à-dire des navires rapides pouvant également engager des cuirassés à la condition d'avoir une grande supériorité d'artillerie.

On pourrait très bien établir un tel bâtiment.

Ce serait, par exemple, une espèce de croisé du *Matsushima* et du *Chanzy*. Il aurait un canon de 30,5 *cm* dans une tourelle d'une trentaine de centimètres d'épaisseur, située un peu à l'avant de l'emplacement du 19 *cm* de retraite du *Chanzy*. La base de cette tourelle serait au niveau du can supérieur de la ceinture; sur les flancs il y aurait 6 canons de 16 *cm* de 45 calibres en

tourelles de 15 *cm*, dont la base serait également au niveau du can supérieur de la ceinture.

De tels bâtiments déplaceraient environ 9 500 tonnes, si on calculait leurs autres éléments de poids de façon à admettre pour le rapport $\frac{p}{P}$ une valeur sensiblement égale à celle admise pour le *Chanzy*. Ils pourraient certainement rendre de grands services, car ils seraient assez forts pour attaquer avec chances de succès des cuirassés avariés ou ayant une grande infériorité d'artillerie.

De plus, ils pourraient pousser des reconnaissances très audacieuses, vu qu'aucun croiseur ordinaire — ni même plusieurs croiseurs ordinaires — ne pourrait affronter le puissant armement de retraite d'un seul de ces bâtiments (1) sans risquer de se faire détruire.

Cuirassés.

Si le problème de la construction des croiseurs est difficile, celui de la construction des navires de combat — des cuirassés — est plus difficile encore.

En effet, le cuirassé doit non seulement, comme le croiseur, pouvoir envoyer et recevoir sans être complètement détruit, un nombre relativement grand de projectiles relativement petits, mais il faut encore qu'il puisse envoyer et recevoir sans être complètement détruit quelques gros projectiles d'une extrême puissance.

Le cuirassé est donc forcé de porter une artillerie très puissante et des blindages très résistants, c'est-à-dire des canons et des plaques d'un poids considérable.

En outre, la question de la disposition de l'artillerie est infiniment plus complexe sur un cuirassé que sur un croiseur cuirassé.

En effet, pour un croiseur cuirassé, la fraction $\frac{p}{P}$ est d'environ $\frac{1}{100}$.

Pour un cuirassé elle est beaucoup plus forte. Elle est de $\frac{1}{45}$ pour le type *Requin*, et de $\frac{1}{37}$ pour le type *Magenta*.

(1) Cet armement comporterait un 30,5 *cm* et quatre 16 *cm* en retraite directe, et un 30,5 *cm* et trois 16 *cm* sur les hanches.

Ainsi sur un cuirassé cette fraction $\frac{p}{P}$ est sensiblement le double de ce qu'elle est sur un croiseur cuirassé.

A bout du *Monterey*, monitor américain, la fraction $\frac{p}{P}$ atteint même le chiffre relativement énorme de $\frac{1}{28}$. On peut dire des monitors américains, que ce sont de vrais bouledogues : ils sont tout en mâchoires et tout en dents.

Lorsqu'on consacre à l'artillerie de telles fractions du déplacement, on ne peut placer n'importe où des poids relativement aussi considérables.

La question du cuirassement est également des plus difficiles sur un navire de combat.

Un blindage de 10 à 15 *cm* d'épaisseur est tout à fait insuffisant pour le navire de ligne. Il faut au moins une trentaine de centimètres afin d'assurer une certaine sécurité. Une protection sérieuse conduirait à des épaisseurs de 50 *cm* et même davantage.

Mais les cuirasses de 50 *cm* sont tellement pesantes qu'on ne peut les placer que sur une très faible fraction de la surface du navire : si elles paraissaient indispensables elles devraient être réservées aux tourelles et peut-être au poste du commandant.

Quant à la ceinture, une épaisseur de 30 *cm* semble suffisante, à condition, bien entendu, d'adopter le pont sous-marin de façon à maintenir les organes vitaux en dehors de la trajectoire des gros boulets de rupture arrivant par le travers; la ceinture de 30 *cm* n'est donc, en réalité, qu'une protection contre les boulets de rupture de la petite artillerie et les effondrements ou sabordages que les gros obus chargés d'explosifs puissants produisent dans les murailles trop faibles.

D'un autre côté, sur les navires de guerre, le rayon métacentrique $(\rho - a)$ varie de 0,60 *m* à 1,20 *m*. Il atteint 1,40 *m* sur les grands cuirassés anglais du type *Résolution*.

Or, avec de telles valeurs du rayon métacentrique, si l'on admet que la ceinture d'un navire de combat doit régner de bout en bout et avoir une trentaine de centimètres d'épaisseur, on s'aperçoit bien vite qu'à moins d'atteindre des déplacements formidables la hauteur de la ceinture ne peut être suffisante pour donner une courbe satisfaisante de stabilité après destruction des œuvres mortes; dans ces conditions, la valeur du couple de redressement s'annule pour des angles extrêmement faibles. C'est dire que la sécurité donnée par la ceinture est illusoire, puisque

le navire est exposé à chavirer alors même que sa ceinture est intacte.

Pour éviter ce danger, les Anglais ont disposé sur les navires du type *Résolution*, au-dessus du premier caisson blindé à 45 *cm* un deuxième caisson blindé à 12,7 *cm* et ayant la hauteur d'un entrepont *(fig. 89)*.

Sur le type *Majestic* les cuirasses de 45 *cm* et de 12,7 *cm* sont remplacées par un blindage d'une épaisseur uniforme de 23,4 *cm*. Le pont blindé a, comme dans la *Résolution*, 7,6 *cm* dans la partie plate; mais son épaisseur atteint 10 *cm* sur les pentes *(fig. 89 bis)*.

Fig. 89

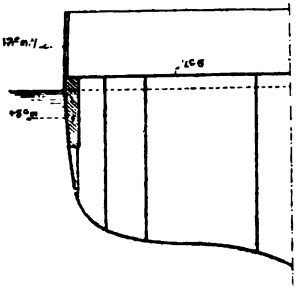
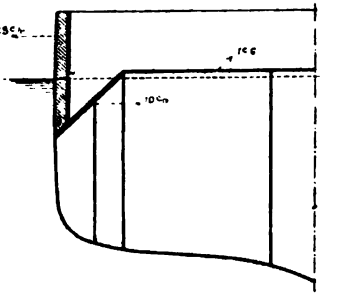


Fig. 89bis



Ces deux dispositifs paraissent présenter à peu près la même valeur défensive. Leur poids est sensiblement le même — 4 550 *t* pour la *Résolution*, et 4 260 *t* pour le *Majestic*.

Ces chiffres considérables ont conduit aux énormes déplacements de 14 000 et 15 000 *t*. Pourtant la cuirasse ne s'étend que sur les deux tiers de la longueur environ; les extrémités n'ont d'autre protection qu'un pont sous-marin; c'est là un grand défaut pour des navires aussi grands et aussi coûteux.

La même observation s'applique aux nouveaux bâtiments dont l'Angleterre a décidé la construction et qui paraissent être des espèces de compromis entre des cuirassés et des croiseurs.

Ils auront des vitesses de 18,75 nœuds à 19 nœuds et porteront le même armement que le *Majestic*, quatre pièces de 30,5 *cm* et douze pièces de 15 *cm* à tir rapide pesant ensemble 260 *t* environ, la cuirasse de la même disposition que sur le *Majestic*; mais le tonnage plus faible — 13 000 *t* — et la machine plus puissante ne permettent pas de ne donner qu'une épaisseur de 15 *cm* à la cui-

rasse verticale règnant seulement sur les deux tiers environ de la longueur du navire.

Cette protection paraît tout à fait insuffisante pour des machines de guerre coûtant un prix considérable.

Dans les navires du type *Carnot* on a, comme sur tous les autres bâtiments français conservé une ceinture complète que l'on a surmontée d'une seconde ceinture de 10 *cm* et ayant une très faible hauteur.

La solution ne paraît pas meilleure, car cette bande cuirassée de 10 *cm* est tellement basse que l'on peut craindre qu'après démolition même partielle des œuvres-mortes la moindre agitation de la mer ne fasse embarquer de l'eau — surtout à l'avant — en quantité suffisante pour gêner sérieusement le bâtiment ou mettre en danger sa stabilité. De plus, une fois les œuvres-mortes non blindées démolies, l'angle de redressement nul est trop faible.

A priori, il semble qu'il y ait un moyen de remédier au danger du chavirement; ce serait d'augmenter la valeur du rayon métacentrique, de façon à conserver après destruction des œuvres-mortes un grand angle de redressement nul.

Malheureusement, cette solution est impraticable, parce que les navires à murailles hautes et dont le rayon métacentrique est considérable, ont une stabilité de plate-forme tellement défectueuse, que le tir devient très difficile et très mauvais; déjà avec $\rho - a = 1{,}40\ m$ les navires anglais du type *Résolution* roulent énormément. Il est probable, d'après des renseignements récents, que les nouveaux cuirassés britanniques de 13 000 *t* auront un rayon métacentrique inférieur à 1,40 *m*.

En résumé, sur les navires à murailles hautes, plus le rayon métacentrique est faible, meilleure est la stabilité de plate-forme.

La seule façon de construire un bâtiment à hautes murailles avèc une immobilité de plate-forme convenable et un couple de redressement suffisant à une inclinaison relativement forte, serait de donner au navire une rentrée à la flottaison ou plus simplement un fort revers aux œuvres-mortes.

Ces deux solutions seraient parfaitement applicables sur un croiseur blindé ayant une cuirasse relativement mince et par conséquent relativement légère par unité de surface couverte. Mais il résulte de ce qui a déjà été dit au sujet des cuirassés, qu'elles ne seraient pas admissibles pour un navire de combat forcé d'avoir des blindages épais, c'est-à-dire très lourds par unité de

surface couverte : la grande hauteur de la ceinture conduit toujours à des poids impossibles.

Fig. 90.

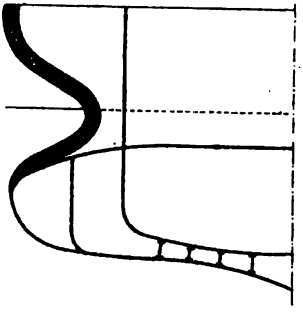
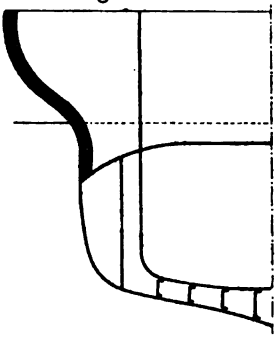


Fig. 90 *bis*.

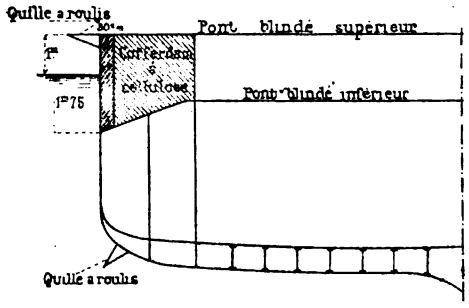


Il ressort de ces diverses considérations, qu'il n'existe actuellement qu'un seul type de navire de combat capable d'affronter les coups redoutables de l'artillerie moderne : c'est un bâtiment très ras sur l'eau, presque sans œuvres-mortes et ayant à la fois une forte ceinture cuirassée et un grand rayon métacentrique.

En un mot, c'est un *Monitor* moderne avec une tranche cellulaire, des cofferdams bourrés de cellulose, et un pont sous-marin.

Le monitor est très difficile à toucher. Au point de vue de la stabilité, il est toujours dans les mêmes conditions, tant que sa ceinture cuirassée est intacte ; et comme cette ceinture cuirassée est peu élevée au-dessus de la flottaison, elle peut avoir une épaisseur considérable sans conduire à des poids inadmissibles.

Fig. 91



Le monitor a toujours un rayon métacentrique très considérable. Pourtant l'expérience montre qu'il a une remarquable immobilité de plate-forme due sans doute à ce que le pont partiellement immergé dès que la mer grossit ou que le bâtiment s'incline un peu constitue une gigantesque quille à roulis.

D'ailleurs, on peut mettre au monitor des quilles à roulis ordinaires ainsi que les Anglais l'ont fait sur la *Résolution;* on peut

même, comme l'indique le précédent schéma, en mettre au-dessus de l'eau de façon à produire un obstacle supplémentaire très sérieux tant à l'immersion qu'à l'émersion du pont blindé supérieur.

Il faut maintenant examiner s'il est possible, à bord d'un monitor convenablement construit, de combattre et de vivre par une mer un peu agitée.

De ces deux conditions, la première est de beaucoup la plus importante.

En effet, des machines de guerre très supérieures aux navires actuels alors même qu'elles seraient peu habitables à la mer donneraient néanmoins à la nation assez heureusement inspirée pour les avoir fait construire une incontestable et écrasante suprématie navale. Les batailles décisives ont toujours eu lieu près des côtes, à une distance relativement faible des ports où les navires et les équipages pouvaient se mettre à l'abri de la mer : Salamine, Actium, Lepante, l'Écluse, la Hogue, Trafalgar, et enfin le Yalou sont autant d'exemples de cette vérité ; et il est probable que les luttes futures se décideront soit sur les mers resserrées qui entourent l'Europe, soit les tièdes eaux d'où surgissent les Antilles, soit encore le long des rivages de la Corée.

Ainsi, des navires de guerre n'ont nullement besoin d'être très confortables à la mer. On doit, sans aucun doute, chercher à les rendre aussi habitables que possible. Mais, chaque fois qu'il y aura à choisir entre l'habitabilité et la puissance militaire, il n'y aura pas à hésiter : c'est la première de ces deux qualités qu'il faudra impitoyablement sacrifier à la seconde.

Un navire de combat est avant tout un outil militaire, et non un yacht ou un paquebot.

D'ailleurs, sur terre, les forts présentent des difficultés de construction analogues à celles des cuirassés.

Les casemates betonnées de nos places de l'Est ne sont pas un séjour bien agréable. Pourtant personne n'oserait soutenir que l'on doive y renoncer et loger en temps de guerre la garnison dans des maisons bien aérées et bien éclairées sans doute, mais qui n'auraient qu'un seul inconvénient : s'effondrer sur nos soldats à la première décharge de l'artillerie ennemie. On cherche naturellement à construire les casemates aussi saines que possible — ou plutôt aussi peu malsaines que possibles — et l'on s'en tient aux casemates.

Sur mer, des considérations analogues devraient, le cas échéant, conduire à des solutions analogues.

Si un navire de combat est inhabitable — comme l'étaient les premiers monitors américains — on ne doit pour cela renoncer à s'en servir. Il suffit de chercher un moyen de ménager les forces et de maintenir l'hygiène des équipages pendant tout le temps que le navire de combat n'est pas engagé dans une opération militaire active; mais une fois que l'on aura entamé une opération militaire active, il n'y a pas d'inconvénient majeur à exiger des équipages — comme des troupes en campagne — le sacrifice partiel et momentané du bien-être et de l'hygiène.

En résumé, il est préférable d'être, en temps de guerre, sur une machine de guerre peu confortable mais capable de résister sérieusement aux coups de l'ennemi, que de se trouver à bord d'un bâtiment ayant de très beaux logements, mais destiné à être mis en pièces et à couler.

Pendant la guerre de la Sécession — une des plus terribles et des plus opiniâtres que l'on ait jamais vues — les Américains du Nord ont montré qu'il était possible de conserver des équipages en bon état sur des bâtiments à peu près inhabitables. Ils faisaient accompagner les escadres de monitors par de nombreux bâtiments de haut bord et transports qui constituaient, pour ainsi dire, la base d'opération mobile de la flotte de combat proprement dite. Dans ces conditions, ils ont pu obtenir de leurs officiers et de leurs équipages, durant quatre années de suite, un service aussi dur que tous ceux que l'on avait faits, à l'exception du blocus des côtes d'Europe par les Anglais au commencement de ce siècle.

On pourrait donc parfaitement avoir une escadre de machines de combat escortée en temps de paix par des transports construits à peu près comme des paquebots. Ces transports auraient un équipage de rechange pour chacune des machines de guerre : les hommes passeraient alternativement quelques jours sur la machine de guerre et quelques jours sur le transport. Une fois la guerre déclarée, les équipages de rechange constitueraient les équipages des navires mobilisés.

Ce système ne coûterait pas plus cher que le système actuel ni comme matériel, ni comme personnel.

Pour le déplacement et le prix d'un certain nombre de tonnes de cuirassé de haut bord, on peut avoir un certain nombre de tonnes de monitor représentant une puissance militaire bien supérieure à celle des cuirassés et un certain nombre de tonnes de transport capables de porter les équipages.

Par exemple, le *Carnot* et le *Bouvet* déplacent ensemble **24 000** *t.*

Avec la même dépense, on pourrait construire deux monitors de 10 000 *t* et un transport de 4 000 *t*.

En outre, le personnel ne serait pas plus considérable avec les deux monitors et le transport.

Si l'on suppose, en effet, le *Carnot* en escadre avec un équipage réglementaire de 630 hommes et le *Bouvet* en réserve avec un équipage réduit au tiers de l'effectif normal, soit 210 hommes, on voit que les deux bâtiments exigent ainsi, en temps de paix, un total de 840 hommes.

D'un autre côté, un monitor de 10 000 *t* aurait un équipage de 300 hommes au plus, puisque le monitor américain *Puritan* de 6 000 *t* ne porte que 180 hommes, et que sur des bâtiments similaires l'effectif de l'équipage augmente moins vite que le déplacement.

Si l'on suppose, maintenant, un monitor et un transport en escadre, tandis que l'autre monitor est en réserve, on arrive à un effectif navigant d'environ 750 hommes; soit 300 sur le monitor et 450 sur le transport. Ce chiffre de 450 se décompose comme suit : 300 pour l'équipage de rechange et 150 pour l'équipage du transport.

Pour entretenir le monitor en réserve, on peut admettre qu'il faille un tiers de l'équipage normal, soit 90 hommes.

L'effectif total sera donc encore de 840 hommes.

Mais il y aura entre les deux systèmes cette différence fondamentale : dès la déclaration de guerre, l'équipage du monitor en réserve sera composé entièrement d'hommes entraînés, tandis que l'équipage du *Bouvet* comprendra les deux tiers de réservistes.

Quant aux effectifs de guerre ils s'élèveraient à 12 060 hommes pour le *Carnot* et le *Bouvet;* à bord des deux monitors ils n'atteindraient que 600 hommes. Mais, comme il serait prudent d'avoir à la base d'opération fortifiée un équipage de rechange, on pourrait donc compter, pour les deux monitors, environ 900 hommes.

En cas de victoire, l'équipage de rechange pourrait embarquer sur le transport et suivre la flotte, afin d'aller opérer contre les côtes ennemies. L'effectif total serait alors de 1 150 hommes.

Sans doute, une pareille organisation n'est point sans présenter des inconvénients; autant que possible, on doit préférer laisser toujours les mêmes hommes sur le même navire. Mais elle n'est certainement pas impraticable; aucune impossibilité matérielle,

ni aucune dépense exagérée ne s'opposent à sa réalisation. Et si jamais les progrès des engins de destruction forcent à construire des machines de guerre presque inhabitables, il faudra bien, à moins de courir au devant d'un désastre certain et complet, faire sur mer ce qu'on a déjà fait sur terre : on renoncera au château féodal qui jadis constituait à la fois et le fort et la caserne; on construira des casemates et des baraquements.

Par conséquent, si cette solution ne semble pas s'imposer encore aujourd'hui, ce n'est point parce qu'elle est mauvaise en soi; c'est uniquement parce que les œuvres-mortes que le bâtiment doit porter à l'avant et au milieu, pour conserver sa vitesse par gros temps et afin de recevoir de l'artillerie à tir rapide paraissent, ainsi qu'on le verra plus loin, à peu près suffisantes pour loger l'équipage d'une façon satisfaisante.

Il ne reste donc plus qu'à étudier les conditions auxquelles doit répondre un monitor pour pouvoir, dans une mer agitée, conserver sa vitesse et utiliser son artillerie. C'est ce qu'on désigne généralement par la *navigabilité*, terme un peu ambigu et que l'on devrait remplacer par *combativité en grosse mer*, expression beaucoup plus claire, vu qu'un navire de guerre doit non seulement pouvoir naviguer, mais encore se battre dans une mer agitée.

Pendant le temps que j'ai passé aux États-Unis, j'ai souvent eu occasion d'étudier des monitors et de causer longuement avec les officiers qui les commandaient, ainsi qu'avec des officiers qui avaient combattu à bord de ces navires lors de la guerre de la Sécession.

De ces études et de ces conversations semblent résulter les trois conclusions suivantes :

D'abord, si la vitesse du monitor diminue par grosse mer debout relativement plus que celle d'un navire de haut bord, c'est uniquement à cause des énormes masses d'eau qui embarquent sur l'avant et *l'assomment*. Ensuite, les pièces de la tourelle avant ne peuvent tirer dès que la mer est mauvaise. Enfin, les pièces de la tourelle arrière peuvent, par presque tous les temps, tirer aussi bien que les pièces d'un navire de haut bord : le désavantage résultant des embruns qui fouettent la tourelle est largement compensé par l'immobilité de la plate-forme très supérieure du monitor.

Ainsi, pour rendre suffisamment marin le monitor qui n'a déjà point une combativité en grosse mer aussi défectueuse qu'on le

prétend en Europe, il n'y aurait purement et simplement qu'à supprimer la tourelle avant et la remplacer par une forte teugue.

Cette teugue, absolument indispensable à la marche du navire par mer agitée, devrait être, sinon en totalité, du moins en partie, blindée à 10 ou 15 *cm* d'épaisseur, de façon à ne pouvoir être rapidement détruite par l'artillerie à tir rapide.

Il conviendrait également d'ajouter, dans la partie centrale du pont, un caisson rectangulaire ayant un blindage de 10 ou 15 *cm* et un cofferdam à cellulose destinés à protéger la base des cheminées et la sortie des panneaux des machines contre l'artillerie à tir rapide et l'envahissement de l'eau, ainsi qu'à supporter la tourelle du commandant.

Le schéma ci-joint montre la disposition générale d'un tel navire.

Fig. 92

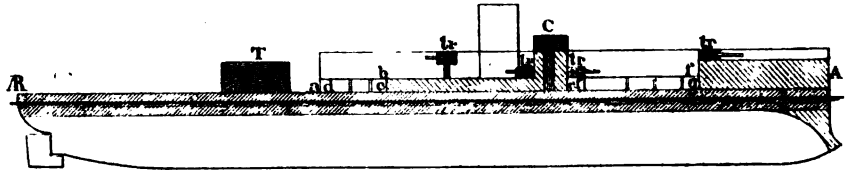
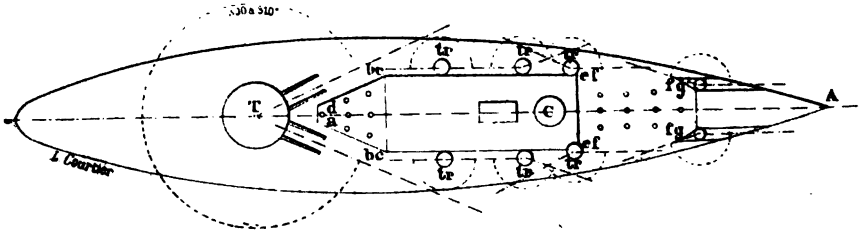


Fig. 92bis



Celles des parties du bâtiment qui sont protégées par des blindages épais sont recouvertes de hachures serrées : ce sont la tourelle T, le poste de commandant C, et la ceinture. Bien que ces hachures soient également serrées, les cuirasses de la tourelle et du poste de commandant devraient être sensiblement plus épaisses que celle de la ceinture.

Les parties faiblement blindées — la teugue et le caisson rectangulaire central — sont recouvertes de hachures plus espacées.

On peut supposer ce navire armé de deux canons de 30,5 *cm* ou de 34 *cm* dans la tourelle arrière T et 8 canons de 16 *cm* à tir rapide — désignés par *tr* — disposés sur deux étages et placés chacun soit dans une tourelle ou dans un réduit légèrement blindé, — 10 ou 15 *cm*.

La disposition du schéma permet de tirer :

En chasse directe, quatre canons de 16 *cm*.
Sur les joues, quatre canons de 16 *cm* et deux de 34 *cm*.
Par le travers, — — —
Sur les hanches, — — —
En retraite directe, — — —

La teugue et le caisson rectangulaire central sont reliées par une légère superstructure, qui se prolonge à l'arrière du caisson central et se termine par une partie trapézoïdale, en plan, de façon à dégager le tir de la grosse tourelle T.

Il convient de remarquer que l'espace *abcd*, situé entre l'arrière du caisson central et l'avant de la tourelle T est vide. La superstructure repose sur le pont par des cylindres de tôle.

Il en est de même de l'espace *etgh* situé entre l'arrière de la teugue et l'avant du caisson central. Le but de cette disposition est d'entraver le moins possible le passage des coups de mer sur le pont blindé supérieur : en effet, si les blindages de la teugue et du caisson étaient reliés par des murailles pleines, on pourrait craindre que, par grosse mer en travers, l'eau ne pût, dans certains cas, éprouver trop de difficulté à s'écouler rapidement et par conséquent ne surcharge dangereusement le côté du navire situé au vent.

Dans le même ordre d'idées, il faut remarquer que, tandis que le caisson central serait blindé sur ses quatre faces, la teugue n'aurait pas ses deux murailles latérales cuirassées. Il y aurait, sans même tenir compte de l'économie poids, avantage à ne point cuirasser la cloison *fgfg*, et même à y pratiquer avant l'action de larges ouvertures au ras du pont, de façon à permettre l'écoulement de l'eau qui pourrait entrer dans la teugue, par dessus le blindage, si le bâtiment forçait son allure par grosse mer debout dans un combat pendant lequel la partie supérieure de la teugue serait enfoncée ou détruite.

Quant au logement de l'équipage, il serait très suffisamment assuré par l'espace compris dans la teugue, le caisson central et les superstructures légères.

En effet, le schéma ci-joint montre la disposition générale du *Monterey*, garde-côtes américain, qui est une espèce de monitor à superstructure centrale.

Fig. 93

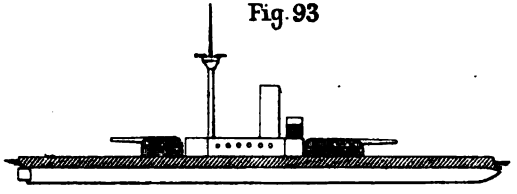
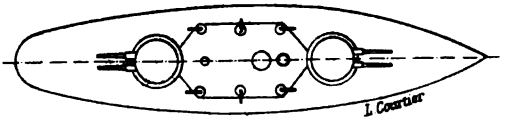


Fig. 93 bis.



Ce bâtiment, de 4 000 *t*, a 200 hommes d'équipage qui sont installés sinon au large, du moins d'une façon convenable. Pourtant le *Monterey* a des œuvres-mortes moins considérables que le navire proposé, puisque la superstructure de ce dernier a sensiblement la même longueur que celle du garde-côtes américain et présente une longueur environ double.

Sans vouloir entrer dans trop de détails, il convient pourtant de faire remarquer les quatre points suivants.

Si l'on se contente de deux hélices, les machines seraient horizontales et séparées par un compartiment assez large pour qu'un coup de torpille et d'éperon arrivant sur ce compartiment eût peu de chances de provoquer l'envahissement des deux chambres de machines. Avec trois hélices, on pourrait peut-être prendre des machines verticales. Mais l'avantage des machines verticales n'apparaît pas clairement sur des navires qui ne sont pas destinés à faire de longues traversées; de plus, l'envahissement par l'eau d'une chambre des machines située tout entière d'un même côté du plan longitudinal de symétrie est plus dangereux à cause du chavirement possible et en tout cas de la bande, que l'envahissement d'un compartiment même plus grand s'étendant d'un bord à l'autre.

Le navire irait au combat sans embarcations sur le pont; il aurait dans la tranche cellulaire plusieurs canots en toile, démontables et pliants.

Il y aurait dans le caisson central, dans la teugue et sur les

superstructures, des appuis ménagés pour des canons à tir rapide de 37 *mm* ou de 47 *mm* que l'on tiendrait en réserve dans la cale, mais qu'on pourrait monter sur les appuis pour pouvoir se défendre contre les torpilleurs après le combat et après destruction partielle des œuvres-mortes.

Les tubes lance-torpilles de chasse seraient dans la teugue; les autres seraient au-dessous du pont blindé inférieur.

Si l'on voulait absolument avoir de la grosse artillerie en chasse, on pourrait ajouter à ce type de navire une tourelle sur le pont supérieur de chaque côté du caisson central.

On pourrait ainsi mettre deux pièces de 30,5 *cm* dans la tourelle arrière et une pièce de même calibre dans chacune des tourelles latérales.

Le navire pourrait ainsi tirer :

En chasse directe, deux canons de 30,5 *cm*.
Sur la joue, trois — —
Par le travers, — — —
Par la hanche, — — —
En retraite directe, quatre —

Cette disposition conduirait à des navires plus grands que la tourelle unique arrière, ce qui en soi n'est pas un vice redhibitoire.

Par contre, les trois inconvénients suivants sont bien plus sérieux :

Les tourelles latérales sont moins abritées contre les coups de mer que la tourelle arrière.

Le souffle des pièces des tourelles latérales gêne la petite artillerie et peut-être même la tourelle arrière.

Le bâtiment n'a pas toute sa grosse artillerie disponible sur le même bord.

Quoi qu'il en soit, les avantages résultant de la possibilité de tirer en chasse directe, et surtout de la nécessité de trois coups heureux de l'ennemi au lieu d'un seul afin de démonter la grosse artillerie, peuvent faire hésiter entre ces deux solutions, bien que la première semble, à tout prendre, être plutôt supérieure.

***

Telles seraient, dans leurs grandes lignes, les machines de guerre qui semblent actuellement répondre le mieux aux exigences du combat moderne.

Sans doute, on peut leur adresser de nombreuses critiques, entre autres le sacrifice total ou partiel du tir en chasse directe.

Mais on peut rappeler ici qu'il a déjà été déduit de l'étude des formations de bataille que le combat d'artillerie par le travers, la hanche et la joue était le plus important pour les bâtiments d'escadre.

Enfin, la conclusion de ce mémoire sera la suivante : si les navires actuels sont — comme on espère l'avoir rigoureusement démontré — inférieurs aux bâtiments proposés, l'auteur de ce travail se considérera comme satisfait.

En effet, la perfection n'existe point ici-bas, en marine surtout; en définitive, le meilleur navire n'est que le moins mauvais.

CHRONIQUE

N° 196

SOMMAIRE. — L'exposition nationale suisse à Genève. — Accident du pont de Rochester. — Production minérale des États-Unis. — Combustion spontanée des enveloppes de conduites de vapeur. — Pluies salées. — Les accidents sur les chemins de fer anglais.

L'Exposition nationale suisse à Genève. — Une exposition nationale se tient cette année à Genève du 1er mai au 15 octobre et constitue une manifestation industrielle et artistique des plus importantes.

C'est la quatrième exposition nationale qui se tienne en Suisse; les précédentes avaient eu lieu à Saint-Gall en 1843, à Berne en 1851 et enfin à Zurich en 1883, cette dernière a eu un certain éclat et a fait l'objet de plusieurs communications à notre Société. Il est juste de rappeler que les premières expositions qui aient été faites en Suisse l'ont été à Genève en 1828 et 1833; elle avaient été organisées par la Société des Arts de Genève, institution fondée en 1776 et qui a exercé une très grande influence sur le développement du commerce et de l'industrie de cette ville; ces expositions avaient un certain caractère national, puisque les industriels des divers cantons y avaient été invités, mais la durée de ces expositions avait été si courte (quelques jours seulement) et le nombre des exposants si faible que nous ne les citons ici que pour mémoire.

L'exposition de Zurich réunit près de 5 000 exposants répartis en 42 groupes. La partie consacrée à l'industrie était située à proximité immédiate de la gare sur un emplacement occupé en partie aujourd'hui par le Musée national, et divisé par la Sihl en deux portions réunies par des ponts. Mais on avait dû placer ailleurs l'exposition des beaux-arts et la salle des fêtes qui se trouvaient au bord du lac presque à l'autre extrémité de la ville.

La superficie totale occupée était de 95 000 m^2 dont 39 000 couverts, la salle des machines avait une superficie de 11 000 m^2. Elle était en bois ainsi du reste que les autres bâtiments dont la construction présentait un caractère général de simplicité et d'économie approprié aux mœurs et aux ressources du pays. Les dépenses se sont élevées à un total de 3 638 000 *f* couvertes par des subventions, les entrées, des recettes diverses et le capital de garantie de 400 000 *f*; il y a eu un boni d'une trentaine de mille francs.

L'exposition qui a duré du 2 mai au 1er octobre a été fréquentée par 1 757 891 visiteurs dont 488 972 pendant le mois de septembre, ce qui pour 153 jours, donne une moyenne de 11 490 par jour. Les recettes d'entrées ont été de 1 075 000 *f* soit 7 000 *f* en moyenne par jour et 0,61 *f* par visiteur.

Après l'exposition de Zurich, il y a eu en Suisse une dizaine d'expositions cantonales ou spéciales, dont les dernières ont été une exposition cantonale industrielle à Zurich en 1894, une exposition cantonale vaudoise à Yverdon la même année et une exposition fédérale d'agriculture à Berne en 1895.

Une exposition nationale à Genève était projetée depuis 1885, mais des circonstances d'ordres divers en avaient toujours fait ajourner la réalisation. L'idée fut reprise en 1892 et une réunion, tenue sous les auspices du Département genevois du Commerce et de l'Industrie, affirma l'opportunité de donner suite à un projet d'exposition nationale suisse à Genève en 1896. Un comité, nommé séance tenante, se mit à l'œuvre immédiatement, s'assura le concours des autorités fédérales et des autres cantons et entra dans la voie de la réalisation par la souscription de la somme de 300 000 *f* que l'intervention des souscriptions du public porta à un total de un million de francs pour former le capital de garantie.

Le comité provisoire se transforma en un comité central à la tête duquel était M. J. E. Dufour, président du Conseil d'État de Genève, lequel, décédé peu après, fut remplacé par notre éminent collègue et correspondant en Suisse, M. Théodore Turettini, président du Conseil Administratif de la ville de Genève, dont le nom est inséparable des importants travaux publics qui y ont été exécutés depuis quinze ans.

Ce Comité était assisté pour les détails de plusieurs importantes commissions, celles de la vente, de l'alimentation, des fêtes, des logements, des assurances, des transports, etc., et des sous-comités des 47 groupes de l'exposition, le tout formant un total de plus de 600 personnes appartenant à toutes les branches de production de la Suisse. Des subventions importantes provenant de tous les points du pays et s'élevant à 1 600 000 *f*, achevèrent d'assurer pour la partie financière la réalisation matérielle de l'entreprise.

L'exposition occupe une superficie totale de 350 000 m^2 en nombre rond, contre moins de 100 000 à Zurich en 1883; il était impossible de trouver une telle étendue d'un seul tenant à une proximité raisonnable de la ville; on a donc dû accepter un morcellement nécessaire, mais on a résolu le problème d'une manière aussi satisfaisante que possible. On a pris pour emplacement principal la plaine de Plainpalais, sise en bordure même de la ville et on lui a adjoint quatre autres emplacements ou attenants ou très voisins, le premier séparé seulement par une rue, le second et le troisième sur la rive droite de l'Arve et séparés du précédent par une rue, enfin le dernier sur la rive gauche de la rivière relié aux deuxième et troisième par des ponts.

L'emplacement principal formé, comme nous venons de le dire, de la plaine de Plainpalais d'une superficie de 100 000 m^2 environ, contient, dans un parc richement meublé d'arbres et de parterres, le palais des beaux-arts, le pavillon de la presse, l'aquarium, le bâtiment des postes et télégraphes, des restaurants, brasseries, kiosques à musique, les fontaines lumineuses, etc.

Le second emplacement, d'assez faible étendue relative, contient : le bâtiment d'administration de l'exposition, un bâtiment pour les produits

alimentaires, le pavillon Raoul Pictet, les générateurs à vapeur, un moulin, une brasserie et un pavillon de rafraîchissements.

La troisième partie, qui borde l'Arve, renferme les bâtiments des sciences, de l'enseignement, de l'industrie, des matériaux de construction, la halle des machines et de l'électricité, un emplacement réservé pour l'exposition du bétail et un ballon captif. Cet emplacement a une forme très irrégulière, parce que les casernes et l'école de médecine s'y trouvent enclavées, mais les communications n'en sont pas moins directes entre toutes ses parties et les constructions dont il vient d'être question, assez monumentales, ne font qu'en rehausser l'aspect d'ensemble.

Le quatrième emplacement est consacré au parc de plaisance de 75 000 m^2 de superficie où se trouveront réunis les divertissements de tous genres qui contribuent pour une large part au succès populaire et financier d'une exposition.

Enfin la dernière partie, située sur la rive gauche de l'Arve, comprend l'exposition d'agriculture et le village suisse qui sera le clou de cette exposition et qui ne peut manquer d'avoir un énorme succès; nous reviendrons plus loin sur cette œuvre réellement originale.

Toutes ces parties seront réunies par un tramway à traction électrique et à parcours en boucle fermée qui permettra de se rendre rapidement et sans fatigue à tous les points de l'Exposition dont les extrêmes sont à une distance de plus d'un kilomètre l'un de l'autre mesurée à vol d'oiseau et naturellement beaucoup plus grande par suite des détours nécessités par la division des emplacements.

Nous allons décrire rapidement et sommairement les parties les plus intéressantes.

Le palais des beaux-arts, d'une longueur de 300 m environ, est construit dans un style emprunté à l'architecture asiatique; il contient l'art ancien, l'art moderne et certaines industries presque artistiques, telles que la bijouterie, l'horlogerie et la mécanique de précision. La superficie totale est d'environ 4 600 m^2, dont 1 800 m^2 consacrés à l'art moderne et 1 400 m^2 à l'art ancien. Sans entrer dans le détail de ces questions un peu étrangères à notre cadre, nous pouvons dire que les galeries de l'art ancien réuniront des objets dont beaucoup n'ont jamais été exposés en public, car elles seront alimentées par les collections publiques et particulières si riches et si nombreuses en Suisse, et par les trésors des abbayes de Saint-Maurice, d'Einsiedeln, d'Engelberg, etc., qui renferment des objets d'art d'un prix inestimable. Cette partie ne peut manquer d'avoir pour les amateurs un intérêt considérable.

L'aquarium de 320 m^2 de surface est formé d'une galerie souterraine de 36 m de développement avec 26 glaces pour laisser voir l'intérieur des bassins.

La halle des machines a 152 m de longueur sur 82 m de largeur. Elle a sa charpente formée de 12 fermes métalliques espacées de 14,50 m d'axe en axe. Ces fermes sont formées chacune de deux parties et sont portées sur 4 pylônes métalliques espacés de 25, 38 et 25 m les uns des autres. Chaque moitié forme une poutre disposée en porte-à-faux ou en encorbellement du côté de l'intérieur, les extrémités en regard des

deux demi-poutres sont séparées par un intervalle de 8,25 *m* recouvert d'une lanterne dont la partie centrale s'élève à 23 *m* au-dessus du sol, tandis que la partie la plus basse des fermes est à 12 *m*. Les fermes sont réunies par des pannes en treillis. La charpente a employé 500 *t* de métal.

Au nombre des appareils les plus importants qui doivent être placés dans la galerie des machines, nous pouvons citer une machine à triple expansion de 250 *ch*, avec volant de 5 *m* de diamètre, de la maison Sulzer de Winterthur, des machines-outils de la fabrique d'Oerlikon, l'exposition de la ville de Genève comprenant deux groupes de turbines des usines hydrauliques municipales de Chèvres et de la Coulouvrenière, des moteurs à gaz, une machine à broder de 10 *m* de longueur de la maison Martini, de Frauenfeld, une machine à fabriquer le papier de 25 *m* de longueur provenant des ateliers Escher-Wyss, de Zurich; des machines pour la fabrication des pâtes alimentaires, des dynamos envoyées par M. Alioth, de Bâle, et par MM. Piccard et Pictet, de Genève, la maison bien connue à laquelle sont dus les projets aujourd'hui exécutés des turbines du Niagara.

Dans un des bas côtés de la galerie des machines sont disposées deux voies destinées à recevoir le matériel roulant exposé par les Compagnies de chemins de fer suisses et formant des trains complets. Nous citerons dans ce matériel une locomotive compound à deux cylindres et à bogie pour trains express du Jura Simplon, pesant 45 *t*, une locomotive compound de 63 *t* du Gothard, ces deux machines construites par la fabrique suisse de locomotives, à Winterthur, des voitures de la fabrique de Neuhausen, un wagon postal, un truck de 40 *t* pour transport de grosses charges et de matériel de guerre, etc.; une troisième voie est destinée au matériel des tramways et notamment des tramways électriques. L'administration des postes expose également dans cette partie son matériel de fourgons et de diligences qui jouit, comme on sait, d'une réputation bien méritée.

Malgré le développement des chemins de fer une foule de lignes de plaine et des lignes de montagne de première importance, telles que la Furka, le Simmenthal, le Simplon, l'Oberalp, le Splugen, l'Albula, le Lukmanier, etc., sont toujours exploitées par des services de diligences admirablement organisés.

Le pavillon Raoul Pictet édifié pour exposer les inventions de notre savant Collègue sera une des choses les plus remarquées. Il contient : 1° un amphithéâtre de 500 places où les savants de tous pays et de toute spécialité qui viendront cet été à Genève pourront donner des conférences et faire des communications; 2° une salle des machines contenant des appareils à fabriquer la glace, une installation pour la liquéfaction de l'air atmosphérique à raison de 20 à 30 *kg* à l'heure, des machines frigorifiques de divers systèmes, une installation pour la liquéfaction industrielle de l'acétylène, etc.; 3° un bar où se trouvera l'application du froid à l'alimentation sous forme de boissons froides, gelées et frappées. Ce bar contient une fontaine dont les jets retombent sur un bloc de glace perpétuel; ce bloc ne fond pas parce qu'il est maintenu solide par une circulation d'eau salée à basse température.

L'amphithéâtre et la salle des machines seront ventilés et rafraichis artificiellement, la température étant maintenue entre 18° et 20°, malgré la présence d'un public nombreux.

Le village suisse qui sera, comme nous l'avons dit, une des curiosités de l'Exposition, occupe un espace d'environ 30 000 m^2; il comprend un village proprement dit, avec l'église et le moulin, un pâturage traversé par un ruisseau, des étables, une partie montagneuse avec rochers, cascade, scierie. etc., et un fond formé par un panorama alpestre. Ce qui distingue cette installation des restitutions qu'on a pu voir à Paris, à Anvers, etc., est que, tandis que celles-ci étaient des pastiches en bois, plâtre et toile peinte, les maisons du village suisse sont des maisons authentiques. Le village contient, une rue bordée de maisons de la Gruyère et de Stans, de chalets d'Iseltwald, de Fluelen et de Brienz, etc,, achetés sur les lieûx, démontés, transportés et remontés sur place. Ce village sera habité par une nombreuse population y exerçant des industries diverses, telles que laiterie, fromagerie, tressage de la paille, sculpture sur bois, bijouterie rustique, broderie, etc., des troupeaux animeront le pâturage et donneront aux visiteurs, sans fatigue et sans dépense, l'illusion d'une excursion dans les montagnes.

Le parc de plaisance contiendra, entre autres installations, une tour de 55 *m* de hauteur, un chemin de fer aérien de 300 *m* de longueur avec une hauteur au-dessus du sol variant de 7 à 20 *m*, un relief du Rigi, un chemin de fer de montagne, dit de l'Himalaya, un relief de Genève en 1850, c'est-à-dire avant la démolition des fortifications, un village nègre, etc.

L'emplacement de l'Exposition se trouve relié directement à toutes les les parties de la ville et aux gares par les tramways et chemins de fer à voie étroite, surtout depuis l'achèvement tout récent du nouveau pont de la Coulevrenière. Ces chemins de fer ont été employés au transport des produits destinés à l'Exposition et ont pu, avec l'usage de transbordeurs, amener directement de la gare à l'Exposition les wagons chargés de la voie normale. Pour les locomotives qui ne pouvaient pas employer les transbordeurs à cause de leur poids, on a dû les amener sur des tronçons de voies posés dans les rues et les routes; ces tronçons avaient 300 *m* de longueur par bouts de 6 *m* qu'on déplaçait sur une voie Decauville. Le transport des locomotives a demandé quatre jours et demi pour une distance de 2 *km* environ.

Nous terminerons cette note déjà un peu longue en exprimant notre conviction que ceux de nos Collègues qui visiteront cet été l'exposition suisse n'auront qu'à s'applaudir de cette visite, qui leur laissera d'agréables et utiles souvenirs.

Accident du pont de Rochester. — Les journaux anglais signalent un accident, probablement sans précédent, arrivé récemment à un pont. Il s'agit du pont de Rochester, sur la Medway, construit il y a une quarantaine d'années pour remplacer un pont en maçonnerie plusieurs fois séculaire. Le pont a trois arches, celle du milieu de 51 *m*, les deux autres 42 *m* d'ouverture, avec flèche au dixième, Chaque arche comprend huit arcs en fonte formés de six voussoirs pour l'arche cen-

trale et cinq pour chacune des deux autres. Ces voussoirs font corps avec les parties correspondantes des tympans, lesquelles sont évidées par de longues et étroites ouvertures verticales ; ils sont rabotés aux faces de contact et assemblés les uns aux autres par quatre boulons de 35 *mm*.

Les arcs ne sont pas complètement entretoisés ensemble, ils sont simplement reliés par quelques pièces obliques en fonte attachées d'une manière assez insuffisante.

Le tablier est formé de caissons en fonte reposant sur les tympans et boulonnés avec eux. La chaussée se compose d'un pavage en granit posé sur un plancher de 75 *mm* d'épaisseur reposant lui-même sur les caissons en fonte et les trottoirs sont formés de dalles de granit disposées de même.

Le 20 février dernier, une barque, remorquée par un vapeur, aborda, par suite d'une fausse manœuvre, à marée haute, le pont de Rochester dans la travée centrale à 12 *m* environ de la pile est; les deux premiers arcs eurent, par suite du choc, un morceau enlevé, comprenant une partie de l'arc et du tympan. Les deux morceaux ne pesaient pas moins de 25 *t*.

Pour une raison ou une autre, on n'arrête pas immédiatement la circulation sur la partie du pont correspondant aux arcs avariés; elle continua donc pendant une heure ou deux sans qu'aucun inconvénient en résultât. Ce fait s'explique par la disposition du tablier; la chaussée pavée, cimentée par une circulation prolongée, formait monolithe et, avec le tablier en fonte, reportait la charge sur les parties intactes des arcs. Il était néanmoins urgent de faire une consolidation provisoire avant d'entreprendre les travaux de réparation, d'autant plus que le voisinage immédiat du pont en tôle du London, Chatham and Dover Ry amenait, par le passage des trains, des vibrations qui eussent pu avoir une influence fâcheuse, bien qu'on eût, depuis l'accident, réduit à 15 *km* à l'heure la vitesse des trains sur le pont.

On établit une pile en charpente contre le pont, au droit de la partie avariée (ne pouvant la faire sous le pont même), travail qui présenta d'assez grandes difficultés à cause de la marée qui n'a pas moins de 6 *m* d'amplitude à Rochester, puis on passa sous les arcs de fortes traverses en bois dans le sens perpendiculaire à l'axe du pont; ces traverses reposaient d'une part sur la pile en charpente et de l'autre elles étaient rattachées aux arcs de l'autre bord.

Ce travail, complété par quelques mesures accessoires, a suffi pour consolider suffisamment le pont jusqu'à la réparation définitive.

Ce fait montre que la fonte est une matière assez dangereuse pour la construction des ponts et cela d'autant plus, qu'elle ne peut être employée que sous la forme d'arcs qui, rétrécissant le débouché, rendent l'ouvrage plus vulnérable par le choc des bateaux ou corps flottants en général. Il est cependant juste de dire que le pont dont il s'agit était dans des conditions particulièrement mauvaises pour résister à un effort latéral par suite de l'insuffisance de l'entretoisement latéral des arcs.

Le pont de Rochester a joui autrefois d'une certaine notoriété parce c'est le premier pont aux fondations duquel ait été appliqué (1847) le procédé par l'air comprimé. On trouvera la description avec figures de

l'appareil employé dans un mémoire de Ch. Nepveu sur les fondations, inséré dans les bulletins de notre Société de 1855.

Production minérale des États-Unis. — La *Scientific Publishing C^ie^*, de New-York, qui édite l'*Engineering and Mining Journal* publie annuellement des statistiques de la production minérale des États-Unis qui constituent un travail colossal et fournissent des renseignements du plus haut intérêt. Cette publication a d'autant plus de mérite qu'elle est entièrement due à l'initiative privée, réalisée au moyen de renseignements obtenus directement par les éditeurs et que, ce qui n'arrive généralement pas avec les statistiques officielles, qui sont souvent en retard d'un an ou plus, elle parait trois mois au plus après la clôture de l'exercice correspondant.

Nous avons sous les yeux des tableaux qui résument ces statistiques pour la production minérale des États-Unis pendant les années 1894 et 1895. Les produits minéraux sont divisés en deux grandes classes, les produits non métalliques rangés en 61 groupes et les produits métalliques en 9. Total 70 groupes.

En 1894, la production totale représentait une valeur de 578 millions de dollars et en 1895 elle représentait une valeur de 674 millions de dollars, soit une augmentation de 96 millions. Les chapitres qui fournissent les plus grosses sommes pour 1895 sont les charbons qui figurent pour 214 millions, le fer 108, l'or 47, les pétroles 42, le cuivre 36, les minerais de fer 33, les pierres de construction 30, l'argent 30, etc.

La production de l'or a passé de 40 millions de dollars pour 1894 à 47 pour 1895, tandis que la production de l'argent est descendue d'une année à l'autre de 31 à 30; mais comme le prix de l'argent a lui même un peu augmenté, la différence de production en poids a été plus grande, cette différence s'est élevée en réalité à 110 000 *kg*.

La production des combustibles minéraux va toujours en augmentant. Elle s'est élevée, pour 1895, au chiffre de 53 millions de tonnes pour l'anthracite et 125 millions pour le charbon bitumineux, total 178 millions de tonnes métriques, plus de six fois la production totale de la France qui, comme on le verra plus loin, a été de 28 millions de tonnes pour 1895. Il y a eu un accroissement considérable par rapport à l'année précédente où ce total s'était élevé seulement à 154 millions de tonnes.

Le pétrole brut figure pour 51 millions de barils de 42 gallons, contre 48 millions et demi en 1894, différence peu considérable mais qui, néanmoins, fait voir que la production de cette matière n'est pas encore en voie de diminution.

Combustion spontanée des enveloppes de conduites de vapeur. — Nous avons signalé précédemment (Chronique de février 1893, page 328) des expériences du professeur Wibel sur la combustion spontanée de certaines matières employées comme calorifuges, en présence de température de 240 à 250° C. Voici de nouveaux faits qui confirment ces expériences et mettent en évidence un danger peu soupçonné jusqu'ici et contre lequel il est utile de prendre des précautions.

L'incendie récent d'une filature de coton à Warren R. I. (États-Unis)

a été attribué à la carbonisation de l'enveloppe en bois du cylindre de la machine à vapeur et a attiré de nouveau l'attention sur le fait de l'inflammation, sans cause extérieure, des enveloppes en bois des tuyaux de vapeur. L'Association mutuelle des manufacturiers de Boston a cru devoir organiser des recherches sur la question.

Le rapport fait par le président de cette association, M. Edward Atkinson, constate qu'à plusieurs reprises on a vu des enveloppes en bois se carboniser et prendre feu spontanément, bien qu'elles fussent séparées par plusieurs épaisseurs de feutre des parois métalliques en contact avec la vapeur à haute pression.

On a prétendu que le bois carbonisé ne peut prendre feu que par le contact d'une flamme extérieure. Pour prouver qu'il n'en est pas ainsi et que l'inflammation peut se produire spontanément, M. Atkinson cite l'expérience suivante :

Ayant eu l'occasion de faire des essais comparatifs sur des matières calorifuges, il a pris des feuilles de carton en pâte de bois de diverses épaisseurs, allant jusqu'à 35 *mm*, qu'on emploie dans la construction d'appareils frigorifiques. Il s'est servi d'une étuve à gaz à double paroi laissant un intervalle de 25 *mm* tout autour. Cette enveloppe a été remplie de ce carton de pâte de bois vulcanisé. On a chauffé l'étuve à 200° C pendant une heure. On a ensuite enlevé la partie supérieure de l'enveloppe en haut et en bas de manière à permettre un afflux rapide de l'air extérieur dans cette enveloppe auparavant entièrement close et à l'abri du contact de l'atmosphère.

Le carton de pâte de bois de blanc qu'il était primitivement était devenu d'un noir foncé et s'était converti en charbon très poreux. Moins d'une minute après l'accès de l'air extérieur, le carton carbonisé prenait feu et se convertissait en cendres.

L'expérience fut répétée plusieurs fois avec le même résultat. Si on considère que 200° C correspondent à une pression de vapeur de 17 *kg* par centimètre carré, on admettra que ces températures peuvent se rencontrer déjà dans l'industrie; d'ailleurs on a constaté qu'une température pas très supérieure à 100° C peut, si elle est suffisamment prolongée, arriver à produire les mêmes effets de carbonisation.

Pluies salées. — Nous avons signalé dans notre dernière chronique (*Bulletin* de mars, page 371) une pluie salée observée en Amérique et qui était remarquable par l'énorme quantité de sel qu'elle avait déposée, mais le phénomène en lui-même est loin d'être exceptionnel. Nous avons trouvé à son sujet des documents très curieux et remontant déjà à une époque ancienne.

Dans un travail inséré dans le volume IV des *Mémoires* de la Société littéraire et philosophique de Manchester (1), travail daté du 13 décembre 1822, le célèbre physicien Dalton dit que son attention a été appelée sur la présence d'une forte proportion de sel marin dans de l'eau de pluie recueillie pendant un orage survenu le 6 décembre. Alors que l'eau

(1) Ce volume se trouve dans la bibliothèque de la Société à laquelle il a été donné en 1857 par Eaton Hodgkinson parce qu'il contient un mémoire déjà ancien de ce savant sur la résistance des matériaux.

recueillie avant l'orage contenait 3 grains de chlorure de sodium pour 7 500 grains d'eau, la pluie provenant de l'orage en contenait 86, soit près de 30 fois autant.

Le vent venait du sud-ouest, c'est-à-dire, dans l'espèce, du pays de Galles, or la distance de la mer était de 160 *km* environ. Dalton admettait parfaitement que l'eau de mer pût-être exportée par le vent à cette distance.

Dans une note subséquente en date du 21 mars 1823, le même savant cite des observations très anciennes entre autres une note contenue dans les *Philosophical Transactions* de 1704 et intitulée : *Singulier effet de la dernière grande tempête dans le Sussex*, par John Fuller. L'auteur dit qu'il habite à 16 *km* de la mer et que dans un orage survenu le 27 novembre 1703, l'eau de la pluie était salée et après toutes les cimes des arbres étaient blanches, les raisins des vignes avaient le goût de sel et l'herbe des prairies était si salée que les moutons ne voulaient pas la manger.

Les mêmes phénomènes ont été observés simultanément à Delft, en Hollande, par Lewenhoeck, à 15 *km* de la mer. Après l'orage les vitres étaient privées de toute transparence et l'examen au microscope de la matière qui les recouvrait indiqua la présence du sel marin. L'orage dont il est question ici paraît avoir été d'une violence extraordinaire. D'après des renseignements donnés par la *Météorologie d'Howard*, on a compté dans la région où il a surtout sévi vingt-cinq parcs qui ont perdu en moyenne 1 000 arbres chacun, dans le New-Forest, 4 000. Dans l'Angleterre et le Pays de Galles, 7 clochers, 400 moulins à vent et 800 maisons d'habitations ont été renversés en faisant 120 victimes au nombre desquelles l'évêque de Bath et sa femme. C'est cet orage qui renversa le phare d'Eddystone entraînant avec lui l'Ingénieur qui l'avait construit et qui avait affirmé que son ouvrage devait braver à perpétuité la fureur des éléments. Cette tempête dura sept jours pleins, mais ne soufflant en ouragan qu'une partie de chaque journée.

Dalton cite également un certain nombre de faits analogues constatés par lui-même depuis sa première note.

Les accidents sur les chemins de fer anglais. — Le dernier rapport du *Board of Trade* sur l'exploitation des chemins de fer du Royaume-Uni pendant l'année 1895 a indiqué une sensible diminution dans les conséquences des accidents survenus. Le nombre total des personnes de toute classe tuées a été de 1 024 et celui des blessées de 4 021, la premier chiffre en diminution de 91 et le second de 99 sur les nombres correspondants pour l'année 1894.

Si on procède à la décomposition de ces totaux, on trouve que le nombre des voyageurs tués par suite d'accidents survenus à la voie, aux trains et au matériel roulant a été de 5 et celui des blessés de 399; il y a eu, en outre, 78 morts et 710 blessés par suite d'accidents provenant d'autres causes. En 1894 il y avait eu 117 morts et 1 168 blessés.

Si on passe aux employés des Compagnies ou de leurs entrepreneurs, on trouve 12 tués et 88 blessés par accidents survenus à la voie, aux trains ou au matériel roulant, et 430 tués et 2 566 blessés par accidents provenant d'autres causes.

Les personnes traversant la voie aux passages à niveau ont fourni un contingent de 65 tués et 33 blessés et les gens traversant indûment les voies ou ayant commis un suicide ont donné 381 morts et 144 blessés. Enfin pour les personnes ne rentrant dans aucune des catégories précédentes, on trouve 53 tués et 81 blessés. Si on compte tous les accidents survenus sur le domaine des chemins de fer, magasins, ateliers, etc., on trouve un total général de 1 090 morts et 9 318 blessés,

Le chiffre donné plus haut de 442 employés tués en 1895 se décompose de la manière suivante : 117 employés de la voie, 49 facteurs, 37 manœuvres, 35 conducteurs et gardes-freins, 26 employés aux manœuvres, 30 chauffeurs et 22 machinistes. Si on examine les circonstances dans lesquelles les employés ont été atteints, on constate que 75 ont été tués et 648 blessés pendant les manœuvres, 16 tués et 648 blessés en attelant et dételant des voitures ou wagons, 93 tués en circulant sur les voies ou y stationnant pour leur service.

Il y a quelques jours, au diner annuel des employés supérieurs du London and South Western Ry, le président, sir Charles Scotter, rappelait que cette ligne compte 280 chefs de station dont 150 étaient présents. Le chef de la station de Waterloo a sous ses ordres une véritable armée composée de 37 employés pour le service des bagages, 25 pour celui des billets de voyageurs, 18 télégraphistes, 19 inspecteurs et 504 facteurs, nettoyeurs, hommes d'équipe, etc., soit un total de plus de 600 personnes. C'est avec ce personnel qu'il doit faire face à un trafic qui, le lundi de Pâques, s'est élevé à 945 trains sortant de la gare de Waterloo ou y entrant dans les vingt-quatre heures sans qu'il se soit produit le moindre accident.

A l'autre extrémité de l'échelle, le réseau compte une station dont tout le personnel se compose du chef de station et d'un gamin.

Dans les cinq dernières années, le London and South Western a transporté 285 millions de voyageurs et, pendant cette période, il n'y a pas eu un seul voyageur tué, alors que dans les rues de Londres il y a entre 200 et 300 personnes tuées par an. En 1892, la dernière année pour laquelle les rapports aient été publiés, il y avait eu 247 personnes tuées dans les rues de la métropole. La même année 5 voyageurs avaient été tués sur tous les chemins de fer du Royaume-Uni qui avaient transporté plusieurs milliards de personnes. Il y a donc quelque vérité à dire que la place la plus sûre qu'on puisse choisir pour être à l'abri d'un accident quelconque est encore une voiture de chemin de fer.

Le London and South Western a transporté l'année dernière 62 millions de voyageurs et, depuis cinq ans, le trafic croit régulièrement à raison de 2 millions par an. C'est presque uniquement une ligne pour voyageurs et cette condition contribue beaucoup à justifier la réputation de sécurité et de ponctualité pour laquelle cette ligne est, à bon droit, renommée.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARS 1896.

Notice nécrologique sur M. **A. Gibon**, par M. E. CHEYSSON.

Rapport de M. RONNA sur l'ouvrage de M. F. BRIOT, inspecteur des forêts, intitulé : **Les Alpes françaises. — Étude sur l'économie alpestre.**

Cet ouvrage est, dit le rapporteur, un traité complet d'économie pastorale, qui embrasse non seulement l'étude des faits relatifs au sol, à la population, aux cultures, au bétail, aux associations fruitières et aux exploitations particulières dans les Alpes, mais encore l'examen des applications déjà faites de la loi du 4 avril 1882 sur la restauration et la conservation des terrains en montagne et des améliorations à réaliser dans un avenir plus ou moins prochain.

L'auteur démontre que les régions alpestres ne sont pas nécessairement, comme l'a écrit Barral, de malheureux pays où l'homme ne peut faire œuvre féconde, où la misère est certaine et qui doivent être quittés. L'exemple de la Suisse, du Tyrol, des Apennins, etc., démentent cette assertion et on peut, même sans sortir de France, voir en Auvergne, malgré l'altitude et l'âpreté du climat, des régions où l'industrie pastorale a ramené peu à peu l'aisance et fixés les habitants nomades. Ainsi, le Cantal nourrit aujourd'hui 100 000 vaches laitières qui donnent un revenu annuel de 5 millions de francs, presque tout en fromage; il exporte tous les ans 50 000 élèves de gros bétail, dont la race est de plus en plus estimée par ses qualités de travail et d'engraissement. On peut espérer, avec l'aide des lois sur le reboisement et le gazonnement des montagnes, qui ont déjà donné des résultats assez concluants, voir les régions des Hautes-Alpes, où la nature est encore plus rebelle, participer aux mêmes avantages.

Rapport de M. DUCLAUX sur **les travaux** de M. EFFRONT.

Ces travaux se rapportent à l'emploi des fluorures dans la pratique industrielle des fermentations alcooliques; l'effet est de régulariser la fermentation, de la rendre plus pure et d'élever le rendement. La substitution ultérieure de l'acide fluorhydrique aux fluorures a fait disparaître certaines difficultés.

Rapport de M. H. LE CHATELIER sur un ouvrage de M. J. RICHARDS, intitulé **l'Aluminium.**

C'est la troisième édition de cet ouvrage dont l'auteur est professeur de métallurgie à Bethlehem, Etats-Unis. Mis au courant des travaux

dont l'aluminium a été l'objet depuis cinq ou six ans, il constitue le traité le plus méthodique et le plus complet qui ait encore été publié sur ce métal. On y trouve aussi résumées les nombreuses études faites sur les alliages de l'aluminium.

Rapport de M. Ed. Simon sur les nouveaux **appareils destinés à pendre et apparellier les maillons des mécaniques Jacquard** de M. Pierre-Marie Point, à Panissière (Loire).

Il nous serait impossible de donner une idée de ces appareils sans le secours des figures qui accompagnent le texte du rapport. Il suffira d'indiquer que l'invention de M. Point, en permettant de nouer définitivement toute une rangée de maillons à la fois en reproduisant le nœud fait à la main, rend possible d'effectuer en six ou sept heures un travail qui en demandait vingt-six.

Sur les applications du **système de filetage pour vis mécaniques** établi par la Société d'Encouragement, par M. E. Sauvage.

Le nouveau système de filetage paraît définitivement établi en France, si on en juge par le nombre des administrations et industriels qui l'ont adopté, parmi lesquels les chemins de fer de l'État et cinq des grandes Compagnies, la Marine, un grand nombre de Sociétés de construction de machines et de forges. La note contient, en outre, quelques indications relatives à l'exécution des nouvelles vis et aux procédés à suivre pour appliquer sans difficultés pratiques la loi fondamentale qui définit le profil théorique comme une limite infranchissable pour les deux pièces, vis et écrou.

Revue des **perfectionnements apportés aux machines agricoles,** par M. Max Ringelman, professeur à l'École nationale d'agriculture de Grignon.

Le rôle des machines dans les exploitations rurales s'explique par le double fait du stationnement sinon de la diminution du nombre des ouvriers agricoles en présence de l'augmentation des travaux et des soins que demande l'amélioration de la culture. Dans cette partie, l'auteur passe en revue : les machines destinées à la préparation du sol, charrues perfectionnées, labourage à vapeur, labourage électrique, scarificateurs, etc. ; les machines destinées aux ensemencements et aux cultures d'entretien, savoir distributeurs d'engrais, semoirs, arracheurs de pommes de terre, etc. ; les machines destinées aux récoltes, faucheuses, moissonneuses, arracheurs de racines, de pommes de terre, etc.

Observations sur les mémoires de MM. Le Chatelier et Howe, relatifs à la **trempe de l'acier,** par M. S. Charpy.

Les fours à bassin en verrerie, par M. E. Damour.

L'objet de cette note est d'étudier la question des fours à bassin qui ont, pour ainsi dire, transformé l'industrie de la verrerie, et d'indiquer les meilleures solutions dans l'application de ces fours à la verrerie à vitres, la verrerie à bouteilles et la glacerie. L'auteur examine successi-

vement les différents fours à bassin, fours Siemens et fours Gobbe ou analogues, les caractères spécifiques des fours de verrerie et les différences qui existent entre ces appareils et les fours métallurgiques, la forme la plus convenable à donner aux fours à bassin en verrerie, les modifications apportées à l'industrie des vitres par les fours à gaz à bassins, etc. La conclusion est en faveur d'un modèle de four de dimensions modérées s'appropriant au travail de dix heures.

Fabrication du linoléum d'après M. WALTER F. REID (Extrait du *Journal of the Chemical Society*).

Les principaux ingrédients de la fabrication du linoléum sont, l'huile de lin et le liège pulvérisé auxquels on ajoute un peu de matières résineuses et des pigments divers. Cette fabrication exige des précautions assez minutieuses décrites dans cette note.

Rôle de l'alumine dans la composition des verres, par M. L. APPERT *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Siphon renversé, de M. MAILLET.

C'est un appareil élévatoire dans lequel un mouvement de rotation imprimé à la main détermine une succion tangentielle, laquelle produit le mouvement ascensionnel du liquide. Une vitesse de quelques tours par seconde amène une différence de niveau de 0,30 *m*.

Notes sur la vapeur surchauffée, d'après M. W. H. PATCHELL *(Institution of Mechanical Engineer)*.

Cette note, après un aperçu historique sur la question de la surchauffe, décrit un certain nombre de surchauffeurs récents, notamment ceux de Gehre, de Hick Hargreaves et Cie, de Mac Phail et Simpson, de Schwoerer, et donne les résultats obtenus avec quelques-uns.

Excavateur funiculaire de Hall (Extrait de l'*Engineering News*).

La cuiller de l'excavateur est suspendue à un chariot roulant sur un câble et est mue par des câbles sans fin ; elle opère l'excavation dans le terrain, se relève et va se décharger au point voulu. Les câbles sont portés par des mâts convenablement disposés, six hommes suffisent pour extraire 240 m^3 par jour et les transporter à 200 ou 230 *m*, au prix de 60 *f* par jour, ce qui fait 0,30 *f* par mètre cube, dans des conditions assez défavorables de terrain.

Roulement sur billes et galets. — Cette note décrit des types de cages à rouleaux employées pour des machines-outils et surtout des machines agricoles.

Refroidisseur d'eau de condensation, de WORTHINGTON (Extrait de l'*Engineering News*).

Cet appareil est constitué par un tour rempli de petits tuyaux en terre cuite empilés à joints rompus. L'eau chaude arrive par le haut,

tombe sur les tuyaux et s'y répand en couche mince, tandis qu'un courant d'air provenant d'un ventilateur circule de bas en haut. Une tour de 9,60 *m* de hauteur et 5,20 *m* de diamètre peut refroidir par heure 360 m^3 d'eau de condensation, quantité suffisante pour une machine de 1 000 *ch* dépensant 9 *kg* de vapeur par cheval-heure. Avec une température ambiante de 35°, l'eau de condensation entre dans la tour à 60° et en sort à 40°; à 21°, l'eau entre à 43° et sort à 27°. On fait des condenseurs de ce genre pour des forces allant jusqu'à 5 000 *ch*.

Appareil de Craig, pour surveiller la **combustion dans les foyers des chaudières** (Extrait de l'*Engineering*).

Dans cet appareil, une prise de gaz de la combustion passe dans un compteur, puis dans un laveur à soude où l'acide carbonique est retenu, les gaz restant passent dans un second compteur et la différence des volumes comptés par les deux compteurs donne la proportion d'acide carbonique. On a eu soin de refroidir préalablement les gaz. La proportion de CO^2 pour la combustion parfaite sans excès d'air étant de 20 0/0, la proportion observée donnera une indication utile pour juger de l'efficacité de la combustion.

Rapport sur les **essais de voitures automobiles** ayant pris part au concours de Chicago.

Une partie très intéressante de ces essais est celle qui concerne la mesure des résistances au roulement des roues qui comprend deux facteurs : la résistance de l'essieu ou du moyeu, roulement et butée, et celle du bandage sur la route. Cette dernière est singulièrement réduite par l'emploi des bandages pneumatiques.

ANNALES DES MINES

2e Livraison de 1896.

Étude administrative sur les mines de Rancié, par M. Villot, inspecteur général des mines.

Les mines de fer de Rancié (Ardèche), sont exploitées depuis longtemps, car le plus ancien document qui s'y rapporte est une charte de Roger Bernard, comte de Foix, remontant à 1293 et concernant la concession de l'extraction, du travail et de la vente des minerais de fer et de la fabrication du charbon de bois aux habitants de la vallée. D'autres chartes et ordonnances sont intervenues ultérieurement pour régler des difficultés qui n'avaient pas été prévues tout d'abord. Après la cession du comté de Foix à la couronne, les rois de France ont à plusieurs reprises confirmé les immunités accordées anciennement et, enfin, en 1731, un règlement général, préparé par les consuls de la vallée et approuvé en conseil du roi, a codifié toutes les mesures éparses et successives dont les unes détruisaient l'effet des autres.

Lorsque la loi du 21 avril 1810, dont le système nous régit encore fut appliquée, les habitants de la vallée réclamèrent la consécration de leurs privilèges et, après de nombreuses péripéties, on arriva à une solution consistant en ce que les communes seraient déclarées concessionnaires des mines, mais que l'exploitation continuerait à avoir lieu suivant les usages locaux.

Cette manière d'opérer avait eu pour principal résultat d'empêcher toute espèce de progrès dans l'exploitation, la population était hostile à toute amélioration technique et les conséquences au point de vue de la sécurité étaient très graves. Le relevé des accidents survenus du 1er mai 1876 au 20 mai 1894, soit pendant dix-huit années montre qu'on a eu un accident pour 8 679 *t* ou 1 tué par 49 600 *t* et un blessé par 10 000 *t*, alors qu'en 1892 les mines de fer souterraines de toute la France ont donné la proportion de 1 accident par 63 000 *t*, 1 tué par 295 000 *t* et 1 blessé par 80 000 *t*. Les travaux de Rancié sont donc six à huit fois plus meurtriers que le reste des mines souterraines de la France.

M. Massy, Ingénieur en chef des Mines, fut invité, en 1860, à étudier ce qui pourrait être fait pour arriver à améliorer une situation devenue impossible et notamment à réduire le prix de revient du minerai; on fit des enquêtes, des projets de modification au règlement général, etc., sans grand résultat, et les choses restèrent à peu près dans l'état jusqu'en 1893 où fut promulguée une loi posant les principes déjà reconnus utiles et nécessaires quant à la direction et à l'exploitation de la mine, et laissant les détails d'application à résoudre à un règlement destiné à remplacer celui de 1833. Ce règlement a été promulgué par un décret du 24 avril 1893 qui a mis fin au régime plus que séculaire de Rancié.

Or, la nouvelle organisation réalise ce qu'on a défini : « la Mine aux Mineurs ». La concession appartient, comme avant, aux communes, celles-ci nomment les administrateurs. Les habitants de la vallée ont droit d'être, à l'exclusion de tous autres, occupés dans la mine et ses dépendances, la pratique invétérée de l'égalité des salaires a été conservée; en cas de ralentissement de l'extraction, la réduction du personnel porte sur les derniers entrés ou, si c'est insuffisant, est réglée par le tirage au sort. En cas d'insuffisance de disponible pour la paye, une réduction de salaire est faite au prorata. Sur les bénéfices, il est prélevé de quoi établir un fonds de réserve, et le solde est partagé entre tous, au prorata des allocations.

Cette organisation fonctionne depuis deux ans et paraît avoir donné des résultats satisfaisants. Cet exemple était intéressant à faire connaître au moment où on cherche à présenter la prise de possession de la mine par les mineurs comme un principe nouveau, et il était utile de faire voir surtout les difficultés dans lesquelles se sont débattues, pendant des siècles, des exploitations s'écartant du droit commun et du droit minier, et se rapprochant plus ou moins de la situation qu'on voudrait créer.

Notice nécrologique sur Émile Bayle, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École nationale des Mines, par M. H. Douvillé, Ingénieur en chef des Mines.

Note sur un **accident d'appareil à vapeur** causé par l'entartrement rapide d'un tuyau d'alimentation, par M. WALCKNAER, Ingénieur des Mines.

Le 22 mai 1894, à Reims, la tête en fonte d'un réchauffeur s'est brisée suivant la ligne circulaire des rivets la reliant à la partie cylindrique ; elle a atteint le chauffeur qui a été tué.

On a reconnu que la conduite allant du réchauffeur à la chaudière était à peu près totalement bouchée par du tartre, et que la pompe alimentaire, refoulant l'eau dans le réchauffeur, élevait la pression hydraulique dans ce réchauffeur, à un tel point que la rupture a eu lieu suivant la ligne de moindre résistance.

Des expériences ultérieures ont fait voir que des dépôts se faisaient dans ce tuyau par précipitation et avec une extrême rapidité, puisque l'obstruction totale de ce tuyau, dont le diamètre était de 80 *mm*, pouvait s'opérer en moins de sept semaines. L'eau n'était pas très calcaire ; elle contenait 0,1726 *g* de carbonate de chaux par litre et 0,0093 *g* de sulfure de chaux ; mais cette eau déposait son carbonate de chaux, par suite de l'élévation graduelle de la température, précisément dans le tuyau alimentaire, là où ce tuyau plongeait dans le corps principal du générateur.

Le dépôt contenait, en effet, 98 0/0 de carbonate de chaux.

Cet exemple montre combien il importe, dans l'établissement d'un projet de chaudière, de s'attacher à prévoir dans quelles parties de l'appareil, eu égard aux proportions de surface de chauffe et à la nature des eaux, se feront les précipitations des sels dissous et les dépôts divers auxquels sera exposé le générateur.

Note sur un **auto-capteur** ou appareil servant à effectuer automatiquement, de façon continue, des prises d'air grisouteux ou de gaz quelconques, par M. P. PETIT, Ingénieur en chef de la Société anonyme des Houillères de Saint-Étienne.

Nous avons eu occasion de parler de cet appareil lors de sa présentation à la Société de l'Industrie minérale (Comptes rendus de janvier 1896, page 138).

3e livraison de 1896.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers, en 1894 et en 1895.

La production totale des combustibles minéraux s'est élevée, en 1895, à 27 801 276 *t*, en augmentation de 819 134 *t* sur l'année 1894. Sur ce total, il y a 26 547 379 *t* de houille et anthracite et 434 763 *t* de lignite ; ce dernier est en diminution de 18 000 *t* sur l'année précédente. Pour la houille, c'est toujours le Pas-de-Calais et le Nord qui tiennent la tête de la production, le premier avec 11 092 000 *t*, le second avec 5 184 000 ; après vient la Loire avec 3 450 000 *t*. Ces trois départements sont en augmentation sur l'année 1894.

La production des lignites se concentre presque dans le bassin du

Faveau qui fournit 365 000 *t* sur un total de 434 000 *t*. Après vient le bassin de Manosque avec 26 000 *t* et ceux de Bagnols et d'Orange avec 22 000 *t*, le reste se distribue par quantités insignifiantes. La production de ces bassins est, d'ailleurs, comme le total, en légère diminution sur l'année précédente.

La production des fontes s'est élevée, en 1895, à 2 005 889 *t*, en diminution de 63 825 *t* sur celle de 1894, laquelle était elle-même en augmentation de 74 500 *t* sur 1893. Sur le total, il y a 1 985 763 *t* de fonte au coke, 8 180 *t* seulement de fonte au bois (contre 7 337 *t* en 1894) et 11 946 *t* de fonte mixte.

A un autre point de vue, le total se partage en 1 516 168 *t* de fonte d'affinage, 489 721 *t* de fonte de moulage et moulée en première fusion. Sous le rapport de la production, c'est toujours le département de Meurthe-et-Moselle qui vient le premier avec 1 278 522 *t* (1 288 256 *t* en 1894); puis après le Nord avec 187 804 *t* (224 116 *t* en 1894); Saône-et-Loire avec 99 109 *t*, le Pas-de-Calais avec 75 710 *t*, les Landes avec 62 209 *t* et la Haute-Marne avec 59 986 *t*; les rangs de ces deux départements sont intervertis cette année par rapport à la précédente.

La production totale des fers a été, en 1895, de 743 671 *t*, en diminution de 42 110 *t* sur 1894. Le total se subdivise en 614 384 *t* de fer puddlé, 9 131 *t* de fer affiné au charbon de bois et 120 156 *t* de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons. Cette dernière catégorie est en diminution de 19 000 *t* sur 1894. Le département de la Seine figure pour 28 687 *t*, en augmentation sur l'année précédente qui n'avait donné que 22 936 *t*. La production des rails de fer a été de 427 *t*, contre 684 *t* pour 1894; elle avait été de 418 *t* en 1893.

La production totale d'aciers de toute sorte a été de 818 954 *t*, en augmentation de 754 *t* sur 1894. Sur ce total, on trouve 488 461 *t* d'acier Bessemer, 330 493 *t* d'acier Martin. La production des aciers ouvrés a été de 716 931 *t* en augmentation de 42 741 *t* sur 1894. Les rails figurent pour 160 417 *t*, en diminution de 22 000 *t* environ sur l'année précédente, les tôles pour 170 436 *t* contre 151 164 *t* pour 1894. Les fabrications des aciers puddlé, cémenté, fondu au creuset et obtenu par réchauffage de vieil acier sont, les unes en augmentation, les autres en diminution sur 1894, mais les différences sont peu sensibles, sauf pour l'acier puddlé, 11 948 *t* en 1895 contre 6 958 en 1894.

Les mines d'or de l'Australie (province de Victoria) et le gite d'argent de Broken Hill (Nouvelles-Galles du Sud), par M. L. Babu, Ingénieur des mines.

L'Australie contient, comme on sait, des exploitations minières très importantes, notamment des mines de houille, des mines d'or et des mines d'argent. La production houillère, rien que pour les Nouvelles-Galles du Sud, dépassait déjà, en 1891, 5 millions de tonnes; les installations sont des plus perfectionnées, et le port de Newcastle, avec ses wharfs, munis de l'outillage le plus moderne, est aménagé pour embarquer facilement par jour 25 000 *t* de charbon.

Mais c'est l'industrie de l'or qui est la plus importante. On peut estimer à 2 900 *t* d'or la production totale de toutes les mines d'Australie

de 1851 à 1894; la valeur de cet or est supérieure à 9 milliards de francs. La production de 1892 a été de 35 935 *kg*, valant plus de 160 millions, et celle de 1894 de 68 440 *t*, représentant plus de 207 millions de francs.

Enfin les mines d'argent ont une importance très considérable. La production des mines de Broken Hill est supérieure à celle du célèbre filon de Comstock, aux États-Unis. Ces mines produisaient 403 *t* d'argent en 1892, ce qui donne, avec le plomb et les autres métaux extraits, une valeur de plus de 50 millions de francs. Créée seulement en 1885, cette mine avait, en 1892, c'est-à-dire en moins de sept années, extrait 984 000 *t* de minerai donnant 1 132 *t* d'argent et 152 000 de plomb.

La note dont nous nous occupons traite d'une manière très complète la partie géologique, l'étude des gites d'or, celle des minerais, leur traitement et les questions économiques qui s'y rattachent.

Comme, en Australie, il existe encore d'immenses territoires qui n'ont jamais été explorés, on peut d'autant plus s'attendre à de nouvelles découvertes de l'or qu'on découvre tous les jours de nouveaux districts aurifères dans les régions les mieux connues de ce continent, telles que la province de Victoria. C'est même une des difficultés de cette industrie, parce que l'annonce d'une nouvelle découverte amène ces fièvres de l'or qui sévissent périodiquement sur les pays aurifères et, comme conséquence immédiate, un exode en masse des travailleurs vers ces régions, d'où une rareté soudaine de la main-d'œuvre pour les exploitations existantes.

Discours prononcés aux **funérailles de M. Massieu**, Inspecteur général des mines, le 8 février 1896, par MM. Orsel, Inspecteur général des Mines, Sirodot, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Rennes et Nivoit, Ingénieur en chef des Mines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1896.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 7 mars 1896.

Communication de M. Hardy sur **l'application des vibrations sonores à l'analyse des mélanges d'air et d'un gaz de densité différente**, et, en général, des mélanges de deux gaz de densités différentes.

Nous nous bornerons à rappeler que cette question a fait l'objet d'une communication de l'auteur lui-même à notre Société dans la séance du 24 janvier dernier.

Communication de M. Maurice sur des **modifications apportées au grisoumètre de M. Coquillon**, et permettant d'obtenir une approximation de un dix-millième de grisou dans une atmosphère donnée.

Cette note donne la description du nouvel appareil et de son fonctionnement, et indique la marche d'une expérience ainsi que la graduation de l'instrument. On sait que le principe de ce grisoumètre est la combustion du grisou par un fil de platine porté au rouge blanc en présence de l'oxygène et la diminution de volume du mélange qui en résulte.

Communication de M. Lapierre sur **les mines d'or du Transvaal.**

Cette communication, faite d'après les renseignements rapportés du Transvaal par l'auteur, ne touche que peu la question technique dans cette première partie qui est à peu près complètement remplie par l'histoire, d'ailleurs présentée sous une forme intéressante, de l'expédition Jameson.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de mars 1896.

Note sur **l'alizarine soluble** et son application à la teinture en rouge turc, par M. Henri Schaeffer.

Rapport de MM. L. Frey, Victor Schlumberger, Poinsot et C. de Lacroix, sur **les garde-navettes** des systèmes **L. Sconfietti** et **Maimeri.**

Le garde-navette est peut-être le plus intéressant des appareils de prévoyance contre les accidents de travail; les systèmes essayés jusqu'ici ou ne sont pas efficaces ou ne sont pas pratiques.

Les appareils dont il s'agit ici et au premier desquels la Société Industrielle a décerné une médaille d'argent, réalisent tous les deux une protection absolue; mais le second est plus encombrant et plus exposé à se détériorer que le premier.

La Commission croit devoir signaler ce fait curieux que ces deux appareils viennent de l'étranger et d'un pays où l'industrie en est encore à ses années de jeunesse.

Rapport général du bureau de **l'Association pour prévenir les accidents de fabrique**, présenté par M. F. Engel-Gros, président de l'Association.

Par la transformation qui s'est opérée dans le rayon d'activité de l'Association à la suite de l'introduction de la loi contre les accidents et surtout depuis l'application, en Alsace-Lorraine, du Code industriel, la

situation de l'Association était devenue difficile, et ses opérations faisaient, en quelque sorte, double emploi avec les inspections officielles. Aussi le bureau a-t-il cru devoir proposer la liquidation pure et simple de l'Association.

Cette proposition a été approuvée.

Le rapport fait observer que la disparition de l'Association a moins d'inconvénients aujourd'hui que les constructeurs ont pris, depuis plusieurs années, à cœur de ne plus livrer à leur clientèle que des machines bien défendues. On peut, d'ailleurs, espérer que les inspections officielles, si elles sont encore loin de répondre aux desiderata, ne manqueront pas de s'améliorer par la suite.

Rapport de M. C. Pierron, inspecteur de l'Association pour prévenir les accidents de fabrique sur les **travaux techniques exécutés sous sa direction**, du 1er janvier 1894 au 31 décembre 1895.

L'inspection de l'Association s'est portée en 1894 sur 808 maisons occupant 83 000 ouvriers, et en 1895 sur 350 occupant 68 000 ouvriers. Il a été fait la première année 867 visites d'inspection et la seconde 402. Cette diminution considérable, d'une année à l'autre, de l'activité de l'Association, qui s'explique en partie par la suppression au 1er janvier 1895 de l'abonnement de la Corporation de l'industrie du fer et de l'acier, est de nature à faire comprendre la grave résolution que nous avons signalée plus haut.

Le rapport donne la statistique des accidents pour l'année 1893 qui montent à un total de 1 751, dont 519, ou 30,2, 0/0 occasionnés par des machines. Sur ce total, 295, ou 16,8 0/0, auraient pu être prévenus, savoir :

1° 40, ou 2,28 0/0, si des dispositions préventives avaient été appliquées ou mises à la disposition des ouvriers;

2° 16, ou 0,91 0/0, si les dispositions préventives avaient été suffisantes ou bien établies;

3° 67, ou 3,8 0/0, si les ouvriers avaient employé ou s'ils n'avaient pas enlevé les appareils préventifs existants ou mis à leur disposition;

4° 5, ou 0,28 0/0, si les machines et certains accessoires n'avaient pas été défectueux;

5° 1, ou 0,057 0/0, si un passage avait été plus large;

6° 1, ou 0,057 0/0, si une cour avait été éclairée pendant la nuit;

7° 9, ou 0,51 0/0, si des machines avaient été pourvues de fourches de débrayage bien établies;

8° 156, ou 8,9 0/0, si les ouvriers avaient observé les règlements et les ordres de leurs chefs ou reçu des instructions suffisantes.

Pendant l'année 1894, il y a eu 1 809 accidents dont 560, ou 30,95 0/0 (30,2 0/0 en 1893), occasionnés par les machines.

279 de ces accidents, soit 15,42 0/0, auraient pu être prévenus, savoir :

1° 62, ou 3,42 0/0, si les dispositions préventives avaient été appliquées;

2° 10, ou 0,55 0/0, si les dispositions préventives avaient été suffisantes ou bien établies ;

3° 27, ou 1,5 0/0, si les ouvriers avaient employé ou s'ils n'avaient pas enlevé les appareils préventifs existants ou mis à leur disposition ;

4° 6,.ou 0,33 0/0, si les machines et certains accessoires n'avaient pas été défectueux ;

5° 4, ou 0,22 0/0, si les machines avaient été pourvues de fourches de débrayage bien établies ;

6° 1 si une cave avait été éclairée (brasserie) et 1 si dans une salle de filature on n'avait pas éteint les lumières trop tôt ;

7° 168, ou 9,28 0/0, si les ouvriers avaient observé les règlements et les ordres reçus de leurs chefs ou reçu des instructions suffisantes.

Le rapport se termine, comme d'habitude, par la description d'un certain nombre d'appareils ou de dispositifs de sûreté.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — *4 avril 1896.*

Développement de la locomotive compound, par Eugène Bruckmann *(fin)*.

Essais comparatifs avec vapeur saturée et vapeur surchauffée sur une machine à triple expansion de 1 500 *ch* de la filature d'Augsbourg, par M. Schröter *(fin)*.

Rôle des écoles techniques supérieures, par A. Riedler.

Réunion générale de l'Association des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le 23 février 1896 *(fin)*.

N° 15. — *11 avril 1896.*

Ordre du jour de la XXXVII° assemblée générale de l'Association des Ingénieurs allemands à Stuttgart, les 8, 9 et 10 juin 1896.

Exposition industrielle à Berlin en 1896. — Bâtiment de la chimie et de l'optique, par O. Leithoff.

Concours pour l'établissement d'un pont-route fixe sur le Rhin à Worms, par W.-O Luck *(suite)*.

Embrayage à friction à bande de Springer, par J. Springer.

Appareil pour le contrôle de la marche des navires, par W. Gentsch.

Groupe de Wurtemberg. — Projet d'aérostat dirigeable.

Bibliographie. — Les éléments des machines, par C. Bach.

N° 16. — *18 avril 1896.*

Emploi du gaz de chauffage dans les grands moteurs à gaz, par R. Schöttler.

Les machines agricoles à la neuvième exposition de la Société alle-

mande d'Agriculture à Cologne, du 6 au 10 juin 1895, par Gründke *(suite)*.

Nouveautés dans les questions de chauffage et de ventilation, par H. Fischer.

Chauffage au combustible pulvérulent.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Installations électriques de force aux chutes du Niagara, au point de vue électrotechnique.

Variétés. — Développement de la chimie industrielle. — Les chemins de fer allemands dans l'exercice 1894-1895.

Correspondance. — Question des écoles de contremaîtres.

N° 17. — *25 avril 1896.*

Programme de la XXXVII[e] assemblée générale de l'Association des chemins de fer allemands à Stuttgart les 8, 9 et 10 juin 1896.

Tramways électriques à Stuttgart, par F. Mertsching.

Frottement des engrenages, par J. Goebel.

Distribution par tiroirs à pistons de Dantzenberg, par E. Brauer.

Appareil Schauer pour le retour automatique des eaux de condensation à la chaudière, par A.-G. Friedrich.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Condenseur à surface avec refroidissement artificiel de l'eau de condensation pour l'utilisation continue de celle-ci.

Bibliographie. — Assainissement des villes, par D. Spataro (ouvrage en italien).

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8418-4-96. — (Encre Lorilleux).

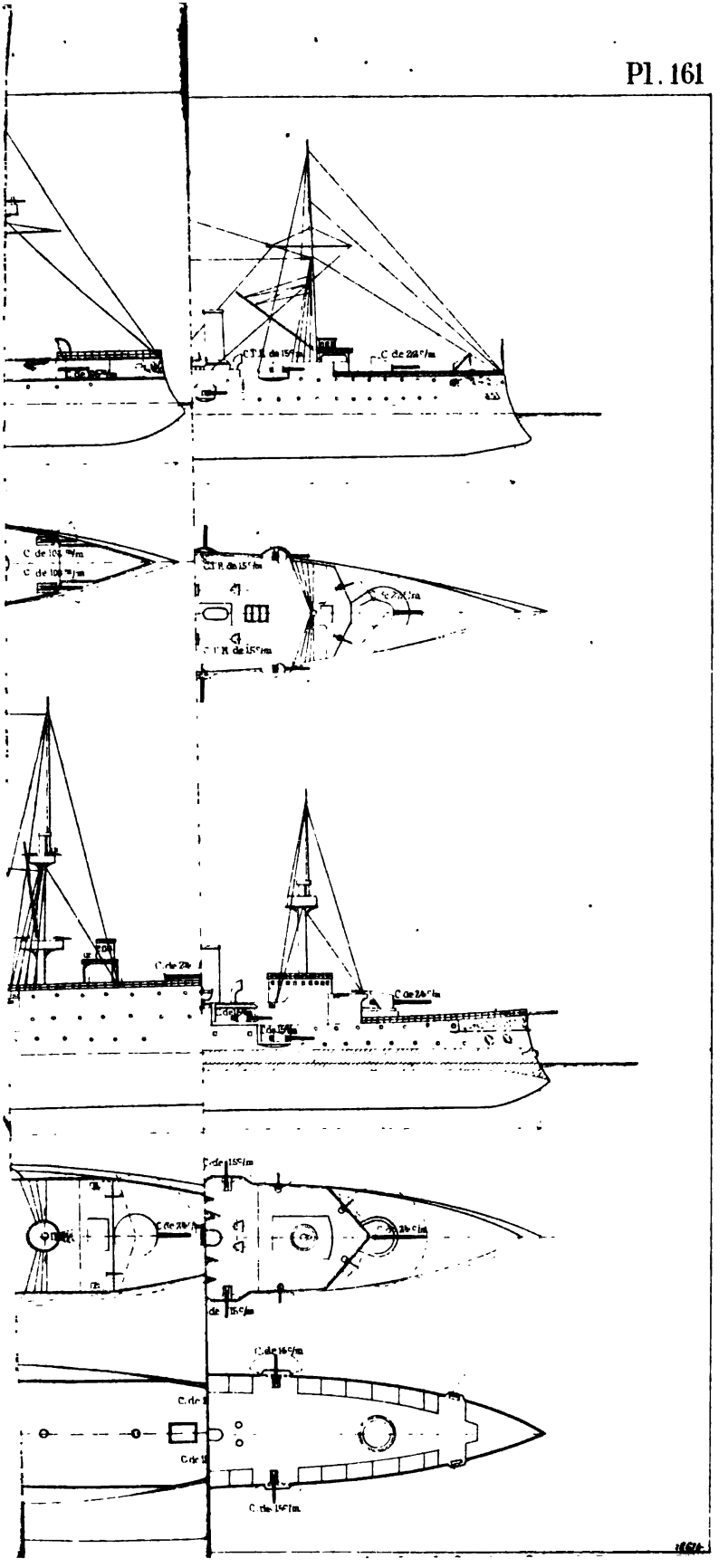
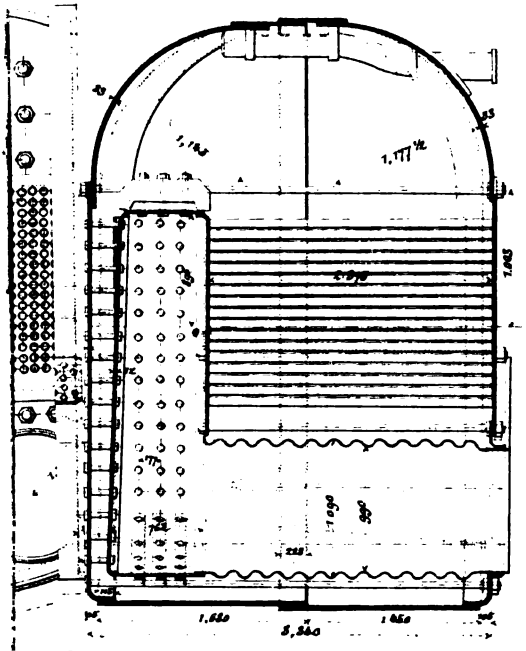


Fig.59. Chaudière à simple face



5 ch. Commentaire de l'Olympia

Fig.65

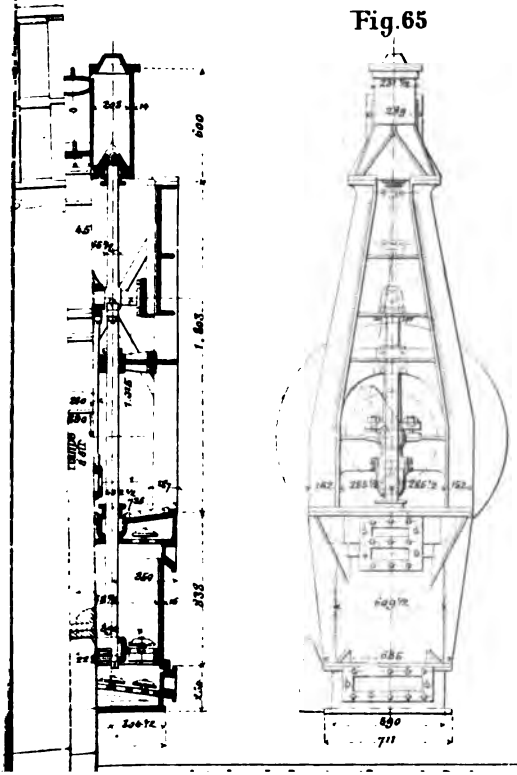
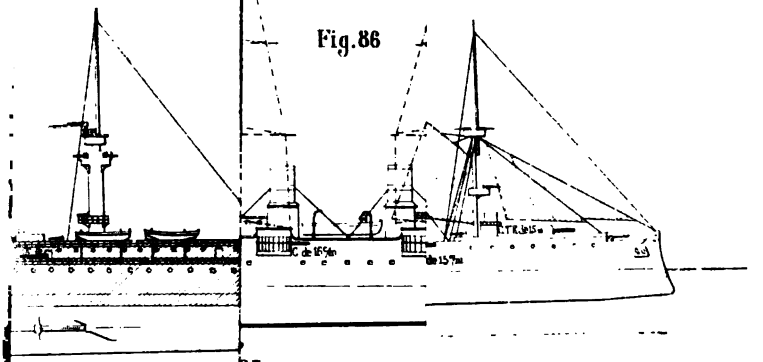
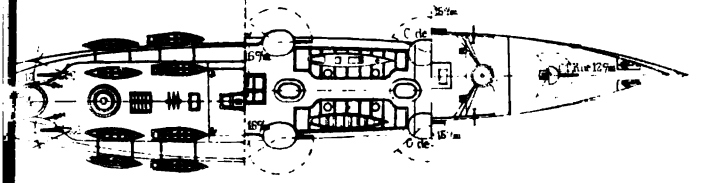


Fig. 86



87



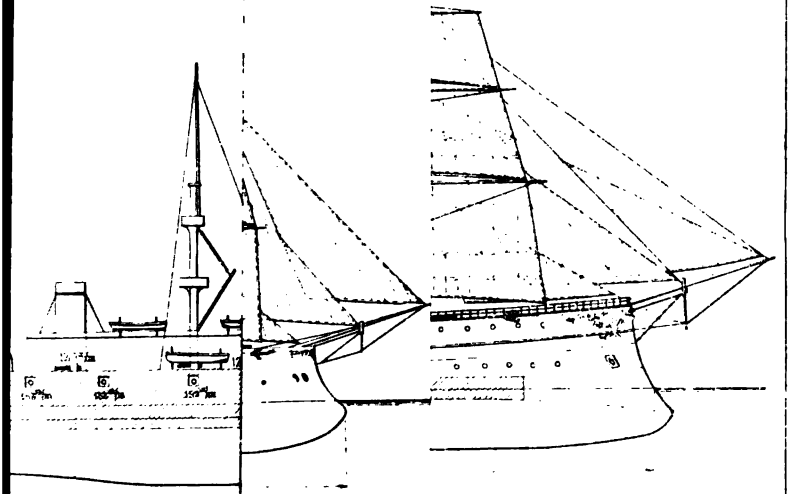
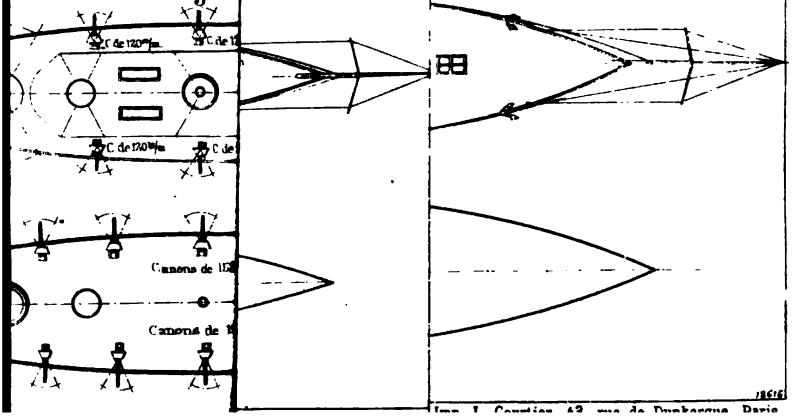


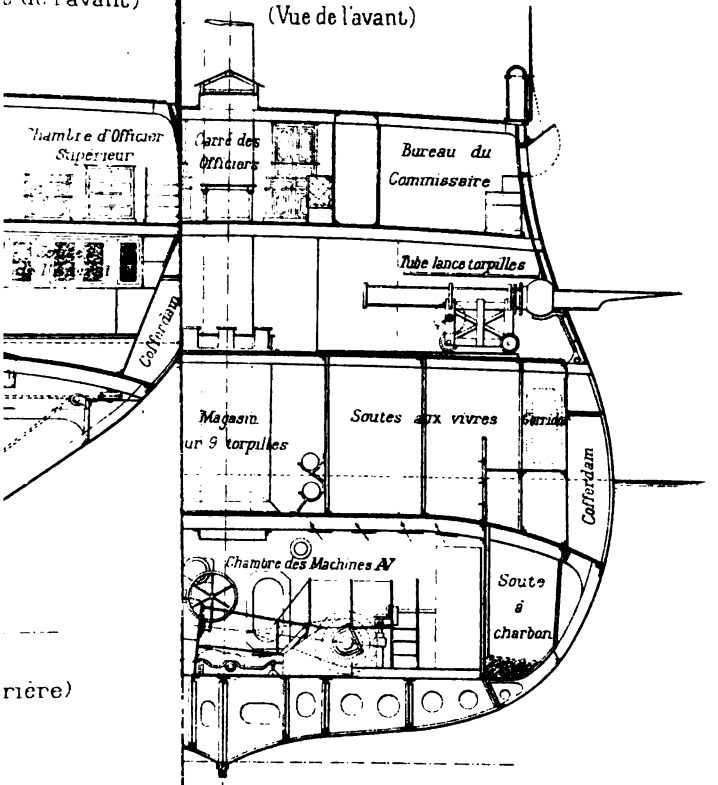
Fig. 93



18616
Imp. L. Courtier, 42, rue de Dunkerque, Paris

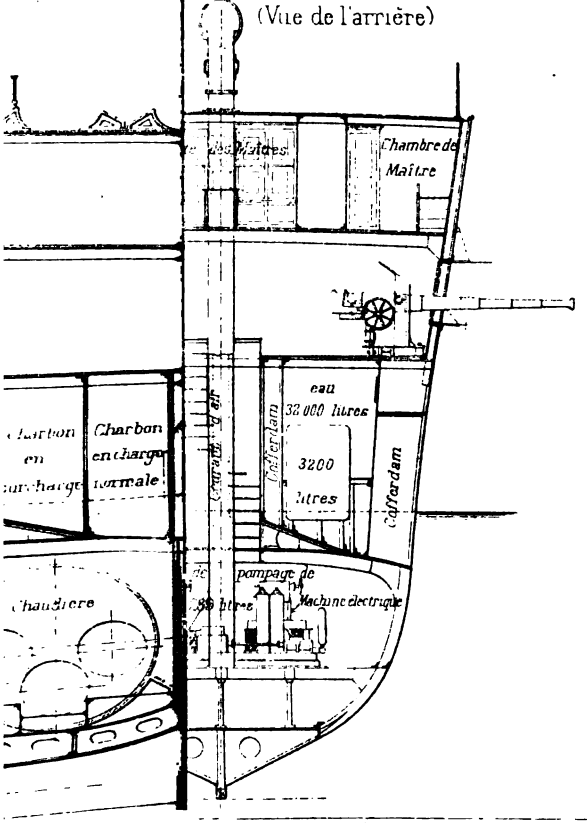
e de l'avant)

(Vue de l'avant)



rière)

(Vue de l'arrière)



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1896

N° 5

Sommaire des séances du mois de mai 1896 :

1° *Décès* de MM. H. Champonnois, J. de Sá é Silva, A. Mercier (Séances des 1er et 15 mai), pages 677 et 683;

2° *Décorations* (Séances des 1er et 15 mai), pages 677 et 683;

3° *Application de l'électricité à la traction des trains de grandes lignes et principalement pour l'obtention des grandes vitesses*, par M. E. de Marchena, et observations de MM. Molinos, J.-J. Heilmann, du Bousquet, A. de Bovet, P. Villain, L. Rey, P. Regnard (Séances des 1er et 15 mai), page 677 et 687;

4° *Traction électrique dans les chemins de fer français (Progrès de la)* par M. H. de Grièges (bulletin de février 1896), lettre de M. A. Lencauchez (Séance du 15 mai), page 682;

5° *Exposition nationale suisse*, lettre de M. A. Boissonnas (Séance du 15 mai), page 683;

6° *Voyage en Suisse et en Autriche-Hongrie* (Circulaire relative au) (Séance du 15 mai), page 683;

7° *Exposition du Théâtre et de la Musique, au Palais de l'Industrie, en juillet 1896* (Séance du 15 mai), page 683;

8° *Application des pneumatiques aux véhicules à chevaux et sans chevaux et des conséquences de cette application*, par M. A. Michelin et observations de MM. P. Regnard et L. Molinos (Séance du 15 mai), page 683;

9° *Explosion d'une chaudière à Joinville-le-Pont*, par M. Ch. Compère (Séance du 15 mai), page 686;

Mémoires contenus dans le Bulletin de mai 1896 :

10° *Explosion d'une chaudière à foyer intérieur amovible à Joinville-le-Pont*, par M. Ch. Compère, page 691;

11° *Mécanique des systèmes matériels*, par M. A. Gouilly, page 696;

12° *Extension possible des différents bassins houillers de la France*, par M. J. Bergeron, page 727;

13° *Chronique* n° 197, par M. A. Mallet, page 752;

14° *Comptes rendus*, — page 764;

15° *Planches* n°s 168 et 169.

Pendant le mois de mai 1896, la Société a reçu :

36097 — De M. R. Oriol. *Anuario de la Mineria Metalurgica y Electricidad de España. Año III, 1896, par R. Oriol.* Madrid, 1896.

36098 — De l'Association Amicale des Élèves de l'École nationale supérieure des Mines. *Association Amicale des Élèves de l'École nationale supérieure des Mines. 32e Annuaire, 1895-1896.* Paris, Siège social, 1896.

36099 — De M. A. Ronna (M. de la S.). *Rapport présenté au nom du Comité d'agriculture de la Société d'Encouragement, par M. Ronna, sur l'ouvrage intitulé : Les Alpes françaises. Études sur l'Économie alpestre, par M. F. Briot* (petit in-4° de 14 p.). Paris, Chamerot et Renouard. 1896.

36100 — De M. A. Raddi. *Le nuove proposte per addurre in Firenze nuove acque potabili, per l'Ing. Amerigo Raddi* (in-8° de 28 p.). Milano, 1896.

36101 — Dito. *La Questione del Gas a Firenze* (une feuille grand in-4°). Firenze, 1896.

36102 — De M. J.-B. Berlier (M. de la S.). *Note sur le siphon de la Concorde sous la Seine, à Paris, construit par J.-B. Berlier, par A. Dumas* (in-8° de 28 p., avec 1 pl.). Paris, Journal le " Génie Civil ", 1896.

36103 — De l'Office du Travail. *Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1895.* Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36104 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Du minimum légal de salaires, par Joseph Choffat* (in-8° de 103 p.). Lausanne, 1895.

36105 — Dito. *Die Entwicklung der Verbundlokomotive, von E. Brückmann* (in-4° de 14 p.). Berlin, 1896.

36106 — De M. Ch. Baudry (M. de la S.). *Congrès international des chemins de fer. Cinquième session, Londres, 1895. Question VIII. Traction électrique. Étude générale de la traction électrique* (in-8° de 181 p.). Bruxelles, 1895.

36107 — De The Inspector General of Customs. *List of the Chinese Lighthouse, Light-Vessels, Buoys and Beacons for 1896.* Shangaï, 1896.

36108 — De la Commissão Constructora da Nova Capital. *Estado de Minas-Geraës. Commissão Constructora da Nova Capital. Revista geral dos Trabalhos. Publicação sob a Direcção do Engenheiro chefe Francisco Bicalho. II Fevereiro de 1896* (in-4° de 261 p.). Rio-de-Janeiro, 1896.

36109 — Du Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze. *Commemorazione del Com. Prof. Architetto Felici Francolini fatta dal Prof. Architetto Luigi Bellincioni* (in-8° de 35 p.). Firenze, 1896.

36110 à 36113 — De M. L. Salazar (M. de la S.). *Anales de la Asociacion de Ingenieros y Arquitectos de Mexico. Tomes I à IV. Années 1888, 1889, 1892 et 1895.* Mexico.

36114 — *Repertorium der Technischen Journal-Litteratur im Auftrage des Kaïserlichen Patentamts, Herausgegeben von Dr Rieth. Jahrgang, 1894.* Berlin, 1895.

36115 — De M. J. Miffre. *Nouveau système astronomique, par J. Miffre* (in-4° de 16 p.) et Note additionnelle audit Mémoire (in-4° de 13 p.). Manuscrit, 1896.

36116 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Note sur les essais comparatifs faits à la Compagnie d'Orléans sur une locomotive munie de la distribution à tiroirs d'admission et d'échappements indépendants, système Durant et Lencauchez, et sur une locomotive avec distribution à tiroir coquille, système Gooch, par M. E. Polonceau* (in-8° de 15 p., avec 1 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1895.

36117 — Dito. *Note sur les locomotives-tenders nos 2168 à 2175 et 2186 à 2200 à six roues accouplées de 1,500 m de diamètre, construites pour la ligne de Sceaux, par M. E. Polonceau* (in-4° de 24 p., avec 2 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36118 — De Mme Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.) éditeurs. *Hygiène et secours et premiers soins à donner aux malades et aux blessés, par le Dr Julien Noir* (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16 de 320 p.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36119 — De la Chambre de Commerce de Paris. *Travaux de la Chambre de Commerce de Paris pendant l'année 1895.* Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1895.

36120 — De M. Alberto Pacchioni. *Il carburo di calcio e la preparazione industriale del gas acetilene, del Ing. Alberto Pacchioni* (in-8° de 48 p., avec 1 pl.). Milano, 1896.

36121 — De M. Daniel Bellet. *Erläuterungsberichte zu den generellen Vorarbeiten für den Bau des Nord-Ostsee-Kanals, Herausgegeben von H. Dahlström* (in-4° de 218 p., 9 tabl. et 6 pl.). Humburg, 1881.

36122 à 36146 — Dito. *Annual Report of the Chief of Engineers United States Army, to Secretary of War. Années 1886 à 1894* (24 volumes in-8° et 1 volume Index). Washington, 1886 à 1895. (Collection incomplète).

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1896 sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

H.-A. Alliot, présenté par MM. Cormier, Dumont, Baignères.
F. Amielh de Merindol, — Bougault, G. de Montgolfier, Magnard.
G.-A.-M. Bailleux, — E. Bernheim, Meyer-May, Rousselle.
E.-F. Baldauff, — Derennes, Forest, L. Rey.
B. Batanero de Montenegro, — Carimantrand, Lévi, Mallet.
.-E.-V. Bieuvelet, — E. Lippmann, Badois, Belin.
J.-W. Bradley, — de Dax, Legrand, Robinson.
L.-E.-M. Chapron, — Keromnès, Krémer, du Bousquet.
A.-Ch. Chertemps, — E. Bernheim, Meyer-May, Rousselle.
Ch.-J.-J. Desbrochers des Loges, — Keromnès, Krémer, du Bousquet.
A. Deullin, — M. Deullin, Mulat, Seyrig.
D. Dewavrin, — Lebargy, Bellet, Forest.
H.-H.-G. Etcheverry, — Duchesne, Gas, de Dax.
A. Faivre, — Grenier, Labro, Picard.
J.-F. Gallimard, — E. Bernheim, Meyer-May, Rousselle.
J.-M. Ganne, — Buquet, Jordan, Imber.
H.-A. Gaudin, — Keromnès, Krémer, du Bousquet.
E. Gaudriot, — de Dax, S. Périssé, L. Périssé.
Ch.-E. Iung, — E. Bernheim, Degeorge, Meyer-May.
V.-G. Jaramillo, — Jacquel, L. Seguin, M. Jouffret.
D.-A.-V. Lagneau, — Chaligny, Delacourtie, Derennes.
J. Level, — E. Bernheim, Degeorge, Meyer May.
M. Levylier, — E. Bernheim, Degeorge, Meyer-May.
E. Louyot, — Liébaut, Weyher, Lemaréchal.
L. Nougués, — Molinos, de Chazal, de Dax.
M. Otto, — Bert, Carimantrand, Mallet.
L.-M.-A. Panassié, — Lemoine, Taragonet, Firminhac.
R.-M.-F. Prouteau, — Molinos, Dollfus-Galline, Destabeau.
H. Riché, — Molinos, Forest, de Dax.
F. Rossel, — E. Bernheim, Meyer-May, Rousselle.
A.-L. Simon, — Guillon, A. Simon, de Dax.
E. Stœckel, — Collin, Michaux, Minder.
P.-A. Willems, — Keromnès, Krémer, du Bousquet.

Comme Membre associé, M. :

A. Retterer, présenté par MM. Durupt, Retterer, Grouselle de Blancheface.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er MAI 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de deux de nos Collègues :

M. H. Champonnois, membre de la Société depuis 1875, a été fabricant d'appareils pour sucreries, distilleries agricoles, presses continues, officier de la Légion d'honneur;

M. J. de Sá é Silva, membre de la Société depuis 1894.

Une notice nécrologique sur M. J. de Sá é Silva, préparée par notre Collègue M. A. Thiré et remise par M. L. Baclé, sera insérée au *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Canovetti a été nommé chevalier de la Couronne d'Italie, et, comme rectification au précédent procès-verbal, que MM. M. Douau et A. Maury ont été nommés, non pas officiers, mais commandeurs de l'ordre de Conçeiçao de Villa Viçosa.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale :

L'*Annuaire espagnol des Mines et de la Métallurgie*, rédigé par M. Roman Oriol;

Et une brochure de M. J.-B. Berlier sur le *Siphon de la place de la Concorde*, brochure dont un certain nombre d'exemplaires ont été gracieusement mis par notre Collègue M. Berlier à la disposition des membres de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu de M. A. Bert une lettre relative à ses travaux sur l'amélioration des estuaires.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. E. de Marchena pour sa communication sur l'*Application de l'électricité à la traction des trains de grandes lignes et principalement pour l'obtention des grandes vitesses.*

M. E. de Marchena commence par un court historique de l'application de l'électricité à la traction des chemins de fer, et montre par quelle progression elle a passé du champ des tramways à celui des chemins de fer secondaires en Amérique. Il dit quelques mots sur le développement, en Amérique, de ces chemins de fer d'intérêt local, mus électriquement, et décrit quelques-uns des réseaux les plus intéressants, notamment ceux de Lowell, à Hawerhill, de Cleveland, de Buffalo, à Niagara, et de los Angeles. Il passe ensuite à la description de quelques lignes plus importantes au point de vue de la puissance du matériel roulant et provenant de la transformation en lignes électriques de véritables lignes de chemins de fer ; notamment celles de Nantasket, de Mont-Hoully et de Wellston.

Il décrit le matériel électrique employé dans ces différentes installations en examinant les grands progrès qui ont été réalisés ces dernières années dans les différentes branches de la traction électrique : moteurs, appareils de manœuvre, matériel de ligne électrique, matériel roulant et dynamos d'usine centrale.

Puis il passe à la description des deux plus intéressantes applications de l'électricité effectuées l'année dernière : le Métropolitain de Chicago et les locomotives électriques de 90 *t* et 2 000 *ch* de la ligne Baltimore-Ohio.

A propos du Métropolitain de Chicago, M. de Marchena donne quelques détails sur la constitution de la voie, sur la distribution du courant, sur l'établissement des voitures automotrices et sur la station centrale. Il dit aussi quelques mots sur les installations similaires projetées et notamment sur la transformation du Métropolitain de New-York et sur le Métropolitain projeté pour Paris. A ce sujet, il attire l'attention sur l'importance qu'aura le choix de la largeur de la voie sur le système d'exploitation de ce dernier.

En ce qui concerne les locomotives de la ligne de Baltimore-Ohio, M. de Marchena donne les raisons qui en ont motivé l'emploi, puis il décrit le système de distribution du courant employé, la constitution des locomotives et notamment les moteurs dont il explique le mode de suspension et d'accouplement avec l'essieu. Enfin il fournit quelques renseignements sur les essais auxquels ces locomotives ont donné lieu, sur les résultats économiques de leur exploitation et sur les applications de locomotives électriques qui seront réalisées prochainement, notamment sur la ligne électrique à grande vitesse de Baltimore à Washington et peut-être sur la ligne de New-York à Philadelphie.

M. le Président regrette d'être obligé de demander à M. de Marchena de remettre au commencement de la prochaine séance la suite de la communication très intéressante qu'il veut bien présenter et qui a déjà fait connaître une situation différente et plus avancée en Amérique que la nôtre. Plusieurs points pourraient soulever quelques questions de la part des membres de l'Assemblée et comme, dans cette même séance, il a été convenu que l'on passerait à la discussion des applications de l'électricité à la traction, M. le Président, tout en regrettant d'interrompre l'orateur au cours de sa conférence, exprime le désir de

donner satisfaction à ceux des membres de la Société qui ont intérêt à revenir sur les questions présentées précédemment.

Sur sa demande M. DE MARCHENA passe à la partie de sa communication qui est relative à la locomotive Heilmann.

M. de Marchena donne quelques détails au sujet de la constitution de la locomotive Heilmann, spécialement au point de vue des poids, et il montre comment le poids très élevé auquel on arrive rendrait désavantageux l'emploi d'une pareille machine.

M. de Marchena fait toutefois ressortir le grand intérêt qu'auront, au point de vue de l'avenir de la traction électrique, les expériences qu'on se propose de faire à la Compagnie de l'Ouest.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer à M. de Marchena qu'il vient de faire de la locomotive Heilmann une critique basée sur des chiffres hypothétiques qui seront vraisemblablement contestés.

M. J.-J. HEILMANN dit qu'il n'a nullement l'intention, faute de temps, de développer la question de la traction électrique au moyen de locomotives mixtes. M. Heilmann demande seulement à M. le Président de vouloir bien autoriser son collaborateur M. F. Drouin ou lui-même à présenter dans une prochaine séance les chiffres exacts résultant des expériences qui ont été faites.

M. Heilmann rappelle que, lorsqu'il a été admis à la Société, il y a environ cinq ans, il a été le premier à reconnaître que les locomotives à vapeur des grandes lignes de chemins de fer étaient de véritables chefs-d'œuvre. Mais il est bien certain qui si l'on pouvait appliquer des moteurs rotatifs sur les locomotives, la solution du problème serait toute trouvée.

M. Heilmann estime que dans les Compagnies de chemins de fer où des millions sont engagés, les Ingénieurs ne seraient pas disposés à mettre au rebus tout leur matériel de traction. Il a donc cherché à faire faire un pas à la traction électrique en adoptant une solution mixte.

La traction électrique des tramways a atteint un grand développement en Amérique et c'est seulement dans des cas spéciaux que l'on a appliqué à de grandes lignes la traction électrique par trolleys.

M. Heilmann termine en disant qu'il est plus aisé de critiquer que de faire et il exprime le regret qu'un Collègue ait porté un jugement aussi faux que sévère sur une locomotive qui constitue cependant un progrès.

M. LE PRÉSIDENT dit que le monde des Ingénieurs Civils applaudit aux efforts et aux succès de M. Heilmann ; il ajoute que bien des membres présents ont été frappés des perfectionnements apportés à la locomotive mixte et que tous suivent avec sympathie et intérêt les expériences en cours.

M. HEILMANN demande de nouveau la permission de donner, dans une prochaine séance, les résultats des essais qui ont eu lieu.

M. LE PRÉSIDENT, après avoir dit que satisfaction serait donnée à M. Heilmann, demande si des membres de la Société ont des observations à présenter au sujet de la communication de M. de Marchena.

M. G. du Bousquet est d'accord avec M. de Marchena en ce qui concerne l'application de la traction électrique par trolleys aux tramways et même à l'exploitation des petites lignes secondaires. Un métropolitain souterrain pourrait être également à traction électrique.

Mais M. du Bousquet tient essentiellement à faire ressortir les graves inconvénients qui résulteraient de l'application de la traction électrique à l'exploitation des grands réseaux.

Au point de vue financier d'abord, que coûterait une installation à traction électrique par stations fixes sur un réseau de 3 600 *km*, comme celui du Nord, comportant un nombre considérable de voies de garage ?

Dans quelles proportions le taux de l'intérêt et de l'amortissement de ce capital très élevé viendrait-il grever le coût de la traction par kilomètre ?

M. de Marchena a fait connaître qu'une machine de 1 500 kilowatts coûtait environ 200 000 *f*, c'est-à-dire beaucoup plus cher que les locomotives les plus perfectionnées, et il a indiqué le chiffre de 0,60 *f* par kilomètre-train de 100 *t* comme frais de traction non compris l'entretien et les charges du capital. Ce prix de 0,60 *f* est de beaucoup supérieur à celui que donnent les statistiques des Compagnies de chemins de fer français.

A un autre point de vue, M. du Bousquet considère que dans les gares de marchandises importantes, il résulterait une complication extraordinaire de l'emploi de conducteurs aériens au-dessus de chaque voie. Une interruption quelconque dans le circuit principal arrêterait toute la circulation, et, au moment de la mobilisation, on se trouverait à la merci de partisans audacieux qui, s'emparant d'une station centrale, en détruiraient tous les organes, et, par ce fait, rendraient impossible toute circulation.

Cette question est extrêmement grave, et elle n'échappera à personne.

M. du Bousquet considère le principe de la traction électrique par trolleys appliqué à l'exploitation des grandes voies ferrées, comme absolument faux.

Les locomotives à vapeur sont autonomes, et le problème que M. Heilmann a cherché à résoudre s'appuie sur un excellent principe dont il ne faut pas se départir, celui de l'indépendance absolue du système de traction.

M. de Marchena, répondant à M. du Bousquet, fait remarquer que le prix de 0,60 *f* marqué par lui s'applique, non pas seulement aux frais de traction du kilomètre-train de 100 *t*, mais bien aux frais totaux d'exploitation comprenant outre les frais de traction proprement dite (et par suite ceux d'entretien du matériel fixe et du matériel roulant) tous les frais quelconques d'exploitation : frais d'administration, frais généraux, entretien et surveillance de la voie, signaux, service d'exploitation, etc.

Quant aux autres observations de M. du Bousquet, M. de Marchena annonce que la réponse à la plupart d'entre elles se trouve faite par avance dans la deuxième partie de son travail que le temps ne lui a pas permis de développer.

Il ajoute que son intention en présentant ce travail a seulement été

d'attirer l'attention sur les grands progrès qu'a faits la traction électrique et nullement de tirer aucune conclusion en faveur ou contre son emploi à la place des locomotives à vapeur, ce qui serait également téméraire de sa part, en l'état actuel de la question.

M. A. DE BOVET s'excuse de prendre la parole à propos d'une question de chemin de fer; mais il y a bien quelque analogie, au moins au point de vue de la nature des services qu'on leur demande, entre une locomotive et un toueur.

L'année dernière, M. de Bovet a fait à la Société une communication sur un procédé de traction des bateaux sur canaux. Là, il faut que chaque embarcation soit conduite isolément: ce système comporte un moteur électrique avec prise de courant sur une ligne aérienne. Les bateaux sont très nombreux, à faible distance les uns des autres, chacun ne demande qu'une très petite puissance, de 3 à 4 *ch*, on marche à petite vitesse, et M. de Bovet est convaincu qu'en pareil cas l'emploi d'un moteur électrique avec prise de courant en route peut donner une des meilleures solutions dont soit susceptible le problème de la traction mécanique des bateaux sur les canaux.

Tout récemment, à la demande du directeur d'une entreprise étrangère de touage, M. de Bovet a dû examiner comment il serait possible de réaliser quelque chose d'analogue, mais cette fois pour fournir la puissance nécessaire à des toueurs remorquant des convois. La ligne à parcourir avait 60 *km*, et le service devait être fait par trois toueurs développant chacun 70 *ch* effectifs.

La différence entre ces deux cas est bien la même qu'entre une ligne de tramways, parcourue par des voitures isolées, et une ligne de chemins de fer, où circulent des trains lourds et relativement rares.

En l'espèce, la puissance devait être fournie par des moteurs hydrauliques; même dans ces conditions favorables, M. de Bovet est arrivé à cette conclusion qu'il était plus économique de produire, par les moyens ordinaire, le travail nécessaire à bord de chaque toueur.

M. de Bovet cite ce fait parce qu'il lui paraît rentrer complètement dans l'ordre d'idées où vient de se placer M. du Bousquet.

En somme, quand une machine doit dépenser la quantité d'énergie dont la production correspond à une bonne utilisation du travail des hommes employés à la conduire, il semble, en l'état actuel, qu'il ne puisse y avoir que bien exceptionnellement intérêt à lui envoyer du dehors cette énergie.

Personne ne demandant plus la parole, M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. de Marchena de la très instructive communication qu'il a bien voulu faire, et qui a été l'occasion d'une discussion intéressante. M. le Président remercie également les membres de la Société qui ont bien voulu prendre part à cette discussion.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admissions de MM. H.-A. Alliot, F. Amiehl de Mérindol, J.-W. Bradley, L.-E.-M. Chapron, D. Dewavrin, Ch.-J.-J. Desbrochers des Loges, A. Deullin, H.-H.-G. Etcheverry, J.-M. Ganne, H.-A. Gaudin, L.-M.-A.

Panassié, H. Riché et P.-J. Willems, comme Membres Sociétaires, et de M. A. Retterer comme Membre Associé.

MM. G. Bailleux, E.-F. Baldauff, B. Batenero de Montenegro, H. Beau, E. Bieuvelet, Ch. Chertemps, A. Faivre, J. Gallimard, E. Gaudriot, Ch. Iung, G. Jaramillo, D. Lagneau, J. Level, M. Levylier, E. Louyot, L. Nouguès, M. Otto, R. Prouteau, F. Rossel, A.-L. Simon et E. Stœckel sont reçus Membres Sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 MAI 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Lencauchez relative aux puissances développées par les locomotives :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» J'ai l'honneur de vous rappeler qu'au *Bulletin* de juin 1892, de notre Société, se trouvent avec dessins et description, les types principaux des locomotives créés par feu Belpaire, notre Collègue, administrateur des chemins de fer de l'État belge.

» Dans le Mémoire de ce Bulletin, consacré aux locomotives Belpaire, rédigé sur les notes de cet Ingénieur distingué et approuvé par lui-même, on voit que l'État belge possède des locomotives qui ont des foyers renfermant des grilles de 3,50 m^2, 4,70 m^2 et 5,74 m^2 de surface utile de combustion ; que ces locomotives peuvent (les plus puissantes) vaporiser 15 500 *kg* d'eau par heure, en produisant 1 317 *ch* calculés à la vitesse de 93 *km* par heure, soit au crochet de traction 1 317 *ch* $\times$ 0,66 870 *ch*.

» Comme ces locomotives sont timbrées à 10 *atm* et ne sont pas à grande détente ni compound, on comprend que sans changer les types de M. Belpaire, il est permis d'espérer qu'avec le timbre de 15 *atm*, la grande détente avec distribution spéciale ou compound et avec le réchauffage de l'eau d'alimentation à 98°, on arriverait facilement sans grand effort, à faire produire à ces locomotives 1,400 à 1,500 *ch* indiqués, soit à la barre de traction 1 400 *ch* $\times$ 0,66 = 924 à 1 000 *ch* effectifs.

» Cette puissance est donc chose acquise sans changement de système, pour la pratique des chemins de fer. Pour l'augmentation de vitesse que l'on semble tant rechercher, on n'aura, quand on voudra, qu'à

faire des locomotives Belpaire à deux bogies, en remplacement des deux essieux convergents, pour faire très facilement passer ces puissantes machines de la vitesse de 80 *km*, à celle de 120 *km*.

» D'un autre côté, il semble que tant que nous en serons réduits à prendre la force motrice, puissance ou énergie, *à une source commune*, c'est-à-dire à la machine à vapeur, il n'y aura aucune raison sérieuse pour abandonner la locomotive classique, qui, aujourd'hui, est une des machines à vapeur des plus perfectionnées et des plus économiques, qui donne son travail directement, donc sans les pertes dues aux intermédiaires, et ceci en consommant des combustibles menus aux plus bas prix.

» Je vous adresse, Monsieur le Président, ces quelques observations, comme suite à ce qui est dit dans le *Bulletin* de février 1896 par M. H. de Grièges fils, page 199 et par M. A. Mallet, page 256, afin de bien persuader les Ingénieurs, que la puissance de 1 000 *ch* effectifs au crochet de traction, comme les vitesses de 120 *km*, sont des choses des plus pratiques pour nos types de locomotives, tels qu'ils ont été perfectionnés depuis une dizaine d'années.

» Veuillez agréer, » A. Lencauchez. »

M. le Président a le regret de faire part du décès de M. Augustin Mercier, membre de la Société depuis 1853, Ingénieur chimiste, chef retraité du laboratoire de la Compagnie P.-L.-M.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que :

M. le comte de Chambrun, membre honoraire de la Société, a été promu au grade d'officier dans l'ordre de la Légion d'honneur.

M. M. de Grièges, père, a été nommé chevalier de l'Ordre impérial Victoria.

On trouvera à la fin du présent procès-verbal la liste des ouvrages reçus par la Société.

M. le Président a reçu de M. A. Boissonnas une lettre par laquelle notre Collègue informe la Société qu'il se tient à la disposition de ceux de ses membres qui désireraient visiter l'Exposition nationale Suisse qui aura lieu cet été à Genève.

M. le Président annonce aux membres de la Société qu'ils vont recevoir une circulaire relative au prochain voyage projeté en Suisse et en Autriche-Hongrie. Ceux de nos Collègues qui désirent faire partie de ce voyage sont priés de vouloir bien en donner avis le plus tôt possible au Secrétariat.

M. le Président informe qu'une Exposition du Théâtre et de la Musique doit s'ouvrir, au Palais de l'Industrie, en juillet prochain. Notre collègue M. J.-F. Pillet, qui a été nommé commissaire des groupes II et VI, se tient à la disposition des membres qui désireraient exposer. Des brochures et imprimés concernant cette exposition ont été déposés au Secrétariat de la Société, où on peut en prendre connaissance.

M. le Président donne la parole à M. A. Michelin, pour sa communication sur l'*Application des pneumatiques aux véhicules à chevaux et sans chevaux et des conséquences de cette application.*

M. Michelin commence par expliquer que depuis de longues années, le principe du pneumatique est tombé dans le domaine public ; il lit à ce propos plusieurs articles parus dans le *Mechanics' Magazine*, en août 1846, avril et mai 1847 et juin 1849, desquels articles il résulte qu'un nommé R. W. Thomson a garni, dès cette époque, les roues d'une voiture avec des pneumatiques, constitués tout d'abord avec une chambre à air indépendante et une enveloppe extérieure en cuir, puis bientôt, avec une enveloppe toile et caoutchouc, tout comme les pneumatiques actuels, et que ce Thomson a convoqué la presse scientifique du temps à des expériences faites sur cette voiture dans Regent's Park.

Ces expériences ont démontré que l'économie de traction due aux pneus était, sur bon sol, d'environ 40 0/0 ; sur cailloux nouvellement cassés, d'environ 30 0/0. Il est vrai de dire que ces énormes économies sont dues en partie à ce que, dans la voiture expérimentée, aucune espèce de ressort n'était interposé entre l'essieu et la caisse.

M. Michelin s'étonne qu'une invention si ingénieuse et si complètement étudiée soit restée plus de quarante années dans l'oubli, au point que l'Irlandais Dunlop ait pu réellement croire, en 1888, qu'il brevetait pour la première fois le principe du pneumatique.

En se basant sur les principes émis par le professeur Marey, de l'Institut, dans une conférence qu'il fit en 1878 à l'Association française pour l'avancement des sciences, M. Michelin démontre combien il est important de supprimer les chocs le plus complètement possible pour obtenir une traction économique, une augmentation de vitesse et une diminution de l'effort nécessaire pour atteindre cette vitesse.

Des citations faites, il résulte nettement que le pneumatique ne peut donner que d'excellents résultats, et doit forcément permettre de réaliser une très grande économie dans la traction.

Il était intéressant de savoir si l'économie annoncée par Thomson était exacte. M. Michelin donne les résultats d'une série d'expériences faites à son usine, dans le but de se rendre compte, aussi exactement que possible, de l'économie réelle obtenue par l'application des pneus aux bandages des roues de voitures, dans toutes les natures de sol possibles (excellent pavé, macadam très uni, mauvais pavé, macadam défoncé, routes en terre avec ornières), suivant l'état du sol (sec, mouillé, couvert d'une boue plus ou moins épaisse, couvert de neige), suivant les pentes, suivant la vitesse imprimée au véhicule, enfin, suivant le poids de ce véhicule.

Quatre séries d'essais ont été faites : en janvier, août et novembre 1895, en janvier et février 1896. M. Michelin décrit ici en détail l'appareil enregistreur qui a servi pour ces expériences et qui se compose : d'un ressort dynamométrique relié à un crayon, lequel trace un diagramme sur un papier qui se déroule au fur et à mesure de l'avancement de la voiture; il explique que, même si le papier venait à glisser (ce qui a d'ailleurs été rendu impossible dans les deux dernières séries d'essais par d'heureuses modifications apportées à l'appareil primitif), l'ordonnée moyenne du diagramme n'étant pas modifiée, les résultats donnés par l'appareil restaient exacts.

L'orateur fait passer successivement sous les yeux de l'auditoire une suite de tableaux des résultats obtenus dans ces quatre séries d'essais.

De ces tableaux il résulte que si l'économie de traction due aux pneus est presque nulle sur un sol très dur, très élastique et très lisse, à l'allure du pas, elle devient très sérieuse dès qu'on passe du pas au trot et du trot au grand trot. Si on indique par 100 la traction du pneu sur un sol sec, la traction de la roue ferrée au trot est de 128 si la voiture est peu chargée; elle atteint 181 si la voiture est très fortement chargée.

Sur les routes défoncées, sur un sol boueux, sur un mauvais pavé irrégulier, l'économie est plus grande encore. L'économie diminue si, pour une voiture d'un poids ordinaire, le gonflement du pneu augmente; pour le type de voiture qui a servi à l'expérience, le gonflement ne doit pas dépasser 3 *kg*.

Il y avait lieu d'examiner si le bandage en caoutchouc plein donnait des résultats aussi satisfaisants que le pneu. Les tableaux montrent que le caoutchouc plein est un peu meilleur que la roue ferrée dans certains cas : si le sol est mou, très irrégulier ou couvert de neige, c'est-à-dire s'il est dénué de toute espèce d'élasticité; mais le caoutchouc plein est plus tirant que le fer sur le bon pavé régulier, sur le bon macadam sec; d'ailleurs, il ne s'écarte jamais beaucoup de la roue ferrée et il est toujours très inférieur au pneumatique.

Si, en se servant des formules du général Morin, on calcule, l'effort nécessaire pour trainer les poids sur lesquels on a expérimenté sur des sols identiques, on obtient des résultats qui sont presque semblables à ceux donnés par les diagrammes relevés pendant les expériences.

M. Michelin en conclut que, puisque ces diagrammes sont exacts en ce qui concerne les roues en fer, ils doivent l'être en ce qui concerne les roues à pneumatiques, puisque dans les deux cas, on s'est servi des mêmes moyens, des mêmes procédés et des mêmes appareils de mesure.

Mais s'il est très intéressant de diminuer la puissance du moteur nécessaire pour la traction d'une voiture, il est une question bien intéressante aussi : c'est celle du *confortable*, et à ce point de vue une qualité essentielle du pneumatique, c'est le silence.

Un autre avantage du pneu : c'est de ne pas détériorer les routes, de passer sur les cailloux sans en modifier la forme. Mais alors, direz-vous, si le caillou ne se casse pas, c'est le pneu qui sera percé. M. Michelin explique pourquoi, bien loin d'être percée par le caillou, l'enveloppe s'appuie sur tout son pourtour de telle sorte que l'effort supporté par centimètre carré de toile caoutchoutée devient excessivement faible.

Un autre confortable du pneumatique est dû à la suppression des vibrations et à l'atténuation des chocs. A ce sujet, M. Michelin présente une série de diagrammes obtenus en enregistrant les vibrations d'un essieu monté, d'abord sur une roue à pneu, ensuite sur une roue en fer, et obtenus en faisant varier tant la charge que la vitesse. De l'examen de ces diagrammes, il conclut que tous les obstacles d'une hauteur inférieure à 2 *cm* passent inaperçus pour un pneumatique ayant un diamètre de 60 *mm*. Ces obstacles *sont bus* par le pneu. Pour des obstacles plus gros, le pneumatique, évidemment, reçoit un choc qu'il transmet à

l'essieu, mais ce choc est tellement atténué qu'il est pour ainsi dire insensible. Il y a lieu d'insister sur cette qualité, car dans cette question de voitures qui dit « confortable » pour les personnes, dit « durée, économie d'entretien et poids léger » pour le matériel.

En terminant, pour établir que les automobiles tout au moins, sont finalement destinées à être montées sur pneus, M. Michelin pose le syllogisme suivant : avec un bandage de fer, c'est le mécanisme qui s'abime; avec un pneumatique, c'est le pneu; or, les avaries de machines sont bien plus longues à réparer, bien plus compliquées et bien plus coûteuses que les avaries de pneus.

M. P. Regnard dit que les avantages du bandage pneumatique sur les roues en fer lui paraissent incontestables, mais il désirerait être fixé sur la durée de ces bandages et sur leur prix de revient. M. Regnard partage l'avis de M. Michelin en ce qui concerne les économies que l'on réaliserait sur l'entretien des routes si toutes les voitures étaient munies de pneumatiques. A ce sujet, M. Regnard dit qu'au cours d'une mission d'étude en Angleterre, sur les voitures routières à vapeur, mission dont il a été chargé en 1867, il a pu constater que pour ces lourdes voitures on était obligé d'avoir des largeurs de jante de 30 à 40 *cm* avec des roues en fer, mais comme l'adhérence n'était pas suffisante on avait imaginé d'y mettre des bandes obliques ainsi que des dents en fer qui venaient s'ancrer sur la route et causaient des dégâts considérables. A cette époque il existait déjà des bandages en caoutchouc aux roues de ces routières à vapeur, précurseurs des voitures automobiles.

M. le Président demande s'il y a des précautions spéciales prises pour obtenir cette grande durée des bandages en caoutchouc que l'on constate.

M. Michelin répond que le caoutchouc employé est très nerveux; mais la grande durée des pneus provient surtout de ce que l'air qu'ils renferment permet au caoutchouc de ne pas être détérioré par les obstacles qu'il rencontre. Grâce à l'air interposé il ne peut être cisaillé entre l'angle aigu du caillou et le fer de la jante.

M. Michelin, pour répondre à M. Regnard, dit qu'il n'est pas encore fixé sur la durée des pneumatiques dont la première application à des voitures remonte seulement au 9 décembre dernier. Quant au prix, il faut compter 600 à 700 *f* pour une voiture de dimensions ordinaires.

M. le Président remercie vivement M. Michelin de son intéressante communication, puis il donne la parole à M. Ch. Compère pour nous rendre compte de l'*Explosion d'une chaudière à Joinville-le-Pont*.

M. Compère rappelle tout d'abord que l'explosion de la chaudière de l'usine du bi-métal, à Joinville-le-Pont, a causé la mort de quatre victimes : le concierge, sa femme, le palefrenier, le comptable, et blessé deux autres personnes : le directeur de l'usine et l'enfant du concierge.

Il donne ensuite la description de l'usine, et montre sur un plan, l'emplacement occupé par les diverses parties de la chaudière après l'explosion; cette chaudière était du type à foyer intérieur amovible; le fond arrière de la calandre s'étant détaché, le générateur a été projeté en avant; dans sa trajectoire, il s'est trouvé dévié de sa première di-

rection et il est entré dans la loge du concierge et dans les écuries qu'il a complètement rasées, en tuant le concierge, sa femme, et le palefrenier.

A ce moment, une deuxième explosion se faisait entendre; la virole arrière du corps supérieur se détachait brusquement et était violemment projetée, suivant une direction perpendiculaire, dans les bureaux où elle frappait mortellement le comptable de l'usine.

On conçoit facilement que l'effet dynamique de l'explosion ait été énorme, quand on pense que le poids de la chaudière, en tant que métal, était de 12 000 *kg* et que le poids d'eau qu'elle renfermait était de 8 500 *kg*.

M. Compère donne ensuite, sur la construction de la chaudière, quelques détails pouvant expliquer comment l'explosion s'est produite; celle-ci a eu pour cause une corrosion de l'angle du fond de la calandre à sa partie inférieure, cette corrosion s'étant fait jour extérieurement, par suite de fuites à la clouure, et intérieurement, sous forme de sillon, par suite d'un mouvement de soufflet du fond, insuffisamment épais et pas assez bombé; M. Compère insiste tout particulièrement sur la faible section de sortie offerte à l'eau après le détachement du fond; l'eau ne pouvait, en effet, s'échapper que par la zone existant entre la panse et la calandre; mais cette zone n'avait que 6 *cm*; de là l'effet dynamique considérable survenu.

M. le Président, après avoir remercié M. Compère, prie M. E. de Marchena de vouloir bien présenter la suite de sa communication sur l'*Application de l'électricité à la traction des trains de grandes lignes et principalement pour l'obtention des grandes vitesses.*

M. de Marchena aborde la seconde partie de son travail consistant à examiner, à l'aide des applications déjà faites et des bases qu'elles fournissent à la critique, les résultats qu'on pourrait espérer obtenir de la substitution de la traction électrique à la traction par locomotive à vapeur et des conditions dans lesquelles cette substitution serait pratiquement possible.

Pour cela, M. de Marchena passe rapidement en revue les résultats donnés par la locomotive à vapeur arrivée à son point de perfection actuel, en ce qui concerne les puissances réalisées, les poids par cheval, les rendements possibles au crochet d'attelage aux différentes vitesses. Puis il examine les différents moyens par lesquels la traction électrique pourrait lui être substituée :

1° Locomotives électriques contenant elles-mêmes leur somme de force motrice;

2° Locomotives électriques empruntant leur énergie à des usines fixes.

Parmi les premières, M. de Marchena cite :

1° Les locomotives Heilmann, dont la critique a été faite dans la dernière séance;

2° Les locomotives à accumulateurs qui ne peuvent être pratiques.

M. de Marchena examine ensuite les locomotives du second groupe, les seules qui peuvent faire espérer la réalisation d'un progrès, en discutant successivement :

1° Quand il faut avoir recours à des locomotives proprement dites et quand des voitures automotrices seront plus avantageuses;

2° Quel système de moteur il y aura lieu d'adopter : à engrenage ou à accouplement direct (pour la grande vitesse, M. de Marchena considère que l'accouplement direct est à peu près indispensable) et quels en seraient les poids pour une puissance donnée;

3° Quels seraient les systèmes de régulation à adopter.

L'orateur montre enfin que dans l'état actuel de l'industrie il est parfaitement possible de réaliser des locomotives capables de satisfaire, d'une manière complète, et à toutes les vitesses, à tous les desiderata de la traction des chemins de fer.

En second lieu, M. de Marchena examine la question de la prise de courant, où réside peut-être une des plus sérieuses difficultés et il montre comment on peut la résoudre très simplement en augmentant les tensions généralement employées jusqu'à ce jour d'une manière d'ailleurs modérée et sans qu'il puisse en résulter aucun inconvénient. Quelques exemples, dans le cas de l'emploi de conducteurs aériens et dans le cas de conducteurs au niveau du sol font ressortir la possibilité d'espacer les points d'alimentation de plus de 30 *km*, tout en admettant la circulation des trains absorbant 500 *ch* utiles et en limitant les pertes à une valeur très modérée.

En troisième lieu, M. de Marchena examine la question de la constitution des stations d'alimentation, dans quel cas il y aura lieu d'adopter une station centrale indépendante et dans quels cas il faudra se contenter d'établir une sous-station alimentée, par transport de force, par une station centrale indépendante.

Il examine les différents systèmes qui peuvent permettre de résoudre d'une manière pratique ce transport de force et notamment :

1° L'emploi de courants biphasés ou triphasés avec transformateurs statiques et convertisseurs rotatifs en citant les exemples d'applications semblables dans les transports de force de Portland, du Niagara et de Lowell;

2° L'emploi de courants biphasés ou triphasés avec transformateurs statiques simples corrélatif avec l'emploi de moteurs d'induction polyphasés et cite l'application qui vient d'en être faite par la Société Brown et Boveri, à Lugano.

Le conférencier discute les avantages respectifs de ces deux solutions et des variantes qui peuvent en être faites.

Il fait ressortir de cette étude la possibilité d'espacer les stations centrales de 150 et même 200 *km* et par suite, de réduire à une valeur très faible le nombre d'usines qui seraient nécessaires pour l'alimentation d'un réseau, usines qui pourraient être constituées de manière à réduire au minimum le prix de revient de l'énergie.

A ce sujet, M. de Marchena dit quelques mots du rôle bienfaisant qu'auront ces canalisations électriques, grâce auxquelles les chemins de fer, non seulement apporteront des moyens de communication dans les régions qu'ils traverseront, mais encore leur apporteront la force, la lumière, c'est-à-dire tout ce qui est nécessaire à la vie industrielle.

Il termine en s'efforçant de donner quelques aperçus, aussi fidèles que possible, sur les dépenses qui seraient nécessitées par la transformation électrique d'un réseau et sur les avantages comparés de la vapeur et de l'électricité au point de vue du prix de revient de transport des voyageurs et des marchandises, enfin sur les difficultés que l'électricité aura à surmonter pour l'emporter dans cette lutte.

M. LE PRÉSIDENT demande si le trolley peut aller à grande vitesse sans qu'il en résulte d'inconvénients.

M. P. VILLAIN dit que nulle part, à sa connaissance, on n'a jusqu'ici dépassé la vitesse normale effective de 20 à 22 *km* à l'heure dans la traction électrique par conducteurs et trolleys, donnant seulement 15 à 16 *km* de vitesse moyenne dans les exploitations de chemins de fer urbains : ce sont ces vitesses réalisées, aussi bien par les subways de Londres et de Buda-Pest que par les chemins de fer aériens de Liverpool et de Chicago.

M. DE MARCHENA répond que la prise de courant par ligne de trolley peut très bien se prêter aux grandes vitesses. Sur la plupart des lignes interurbaines qu'il a citées, les vitesses de marche dépassent les chiffres de 35 à 40 *km* qui ont pu être obtenus dans des expériences sur de simples tramways au Havre et sur certaines lignes, par exemple, celle du Rapid Railway à Mount-Clement, celle de Mount-Hoully à Burlington, etc., les vitesses de marche dépassent parfois 55 à 60 *km* à l'heure.

M. VILLAIN met en doute la vitesse de 80 *km* à l'heure annoncée pour la machine qui doit remorquer les trains de voyageurs à Baltimore.

M. DE MARCHENA fait observer que les locomotives de Baltimore doivent faire la traction des trains de voyageurs à raison de 50 *km* à l'heure et que, vu la faible longueur de la ligne, il n'y a aucun intérêt à dépasser ce chiffre. Cependant, durant des expériences de vitesse qui ont eu lieu sur les locomotives marchant à vide, cette vitesse a pu atteindre près de 100 *km* à l'heure sur la rampe de 8 *mm* du tunnel ; rappelant une observation qui lui avait été faite à cet égard dans la dernière séance, il fait remarquer que cette vitesse a pu être acquise dans les 700 premiers mètres, c'est-à-dire vers l'entrée du tunnel. Il suffit pour cela que la machine développe un effort de traction de 50 *kg* par tonne.

M. L. REY fait observer que cette expérience a pu être complète pendant quelques secondes, mais elle ne pourrait être prolongée.

M. L. Rey rappelle qu'en 1893 les Ingénieurs faisant partie du voyage à Chicago ont pris des trains d'exploitation marchant à une vitesse de 30 *km* à l'heure et qu'on atteignait facilement 40 *km*. En ce qui concerne les trolleys, les petites roues de 80 *mm* de diamètre s'usaient assez rapidement et cet inconvénient était certainement préférable à celui de l'emploi de roulettes dures qui auraient détérioré le conducteur dont le prix est élevé.

M. A. DE BOVET fait remarquer que les débits de 1 000 ampères dont a parlé M. de Marchena présentent de grands inconvénients pour la prise de courant.

M. DE MARCHENA est d'accord sur ce point avec M. de Bovet et pour obvier à l'inconvénient signalé il y a avantage à élever la tension.

M. L. REY fait remarquer que, pour admettre le prix de 0 fr. 045 le kilowatt, il faut que le combustible soit très bon marché.

M. DE MARCHENA répond que ce prix s'applique à de très grandes puissances (6 000 *ch*) et que dans ces conditions la part afférente à la main-d'œuvre est extrêmement réduite.

M. P. REGNARD a eu l'occasion de voyager non pas sur les grandes lignes électriques d'Amérique, mais sur un assez grand nombre de tramways mus par l'électricité, tant en France qu'à l'étranger. Il a constaté que, sur beaucoup de points, la vitesse de 25 *km*, considérée par M. Villain comme ne pouvant pas être atteinte, était dépassée. En ce qui concerne les trolleys, M. Regnard ne comprend pas très bien les difficultés que l'on paraît craindre et il s'étonne qu'on s'arrête à des questions de détail qui sont absolument résolues par les Américains. L'usure des galets de 80 *mm* de diamètre, par exemple, ne peut entraîner que des frais bien minimes.

On devrait plutôt chercher à résoudre les difficultés, s'il en existe réellement, pour appliquer en France un mode de traction très en faveur à l'étranger et dont les excellents résultats semblent assurer dans un avenir très prochain le plus grand développement.

Personne ne demandant plus la parole, M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. de Marchena de sa très intéressante communication.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P. Calopa et L. Montel comme membres sociétaires.

MM. H.-A. Alliott, F. Amiehl de Mérindol, J.-W. Bradley, L.-E.-M. Chapron, D. Dewavrin, Ch.-J.-J. Desbrochers des Loges, A. Deullin, H. H.-G. Etcheverry, J.-M. Ganne, H.-A. Gaudin, L.-M.-A. Panassié, H. Riché, et P. Willems sont reçus membres sociétaires et M. A. Retterer membre associé.

La séance est levée à 11 heures un quart.

EXPLOSION

D'UNE

CHAUDIÈRE A FOYER INTÉRIEUR AMOVIBLE

à Joinville-le-Pont (Seine)

PAR

M. Ch. COMPÈRE

INGÉNIEUR-DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

Description de l'usine.

Cette explosion est survenue, le vendredi 8 février 1895, à l'usine du Bi-Métal, installée à Joinville-le-Pont.

La partie de l'usine où elle s'est produite se compose d'un grand corps de bâtiment au centre duquel était une batterie de deux générateurs à foyer amovible et à retour de flammes, système Thomas et Laurens.

Ces deux chaudières se trouvaient placées en face de l'entrée de l'usine, à une distance de 34 *m*.

A gauche de cette entrée sont les bureaux et à droite étaient le logement du concierge et les écuries qui ont été rasés par le générateur dans la trajectoire qu'il a décrite.

L'entrée de l'usine donne sur un chemin de halage qui longe le canal de la Marne *(Pl. 168)*.

Compte rendu de l'explosion.

Le 8 février 1895, à une heure moins cinq minutes, les ouvriers venant de déjeuner attendaient aux abords de l'usine, avant de reprendre leur travail, quand tout à coup une explosion se fit entendre; une partie du mur d'enceinte s'écroula, montrant la loge du concierge et les écuries complètement rasées.

Le générateur de droite de la batterie, dont nous avons parlé plus haut, venait de faire explosion.

Il avait été projeté en avant dans la direction de l'entrée de l'usine, pouvant ainsi tuer ou blesser un grand nombre d'ouvriers si l'accident s'était produit quelques minutes plus tard, à l'heure de leur rentrée.

Il s'était ensuite trouvé dévié de sa première direction et entrait alors dans la loge du concierge et dans les écuries.

A ce moment, une deuxième explosion se faisait entendre; la virole arrière du corps supérieur se détachait brusquement et était violemment projetée, suivant une direction perpendiculaire, dans les bureaux où elle frappait mortellement le comptable de l'usine.

Cette deuxième explosion était due à ce que, pendant le déplacement de la chaudière, le piètement de la soupape arrière avait rencontré un obstacle; ce piètement, pénétrant alors dans le corps cylindrique, y amenait un commencement de déchirure de la tôle et une première cassure entre les rivets de la clouure de la dernière virole.

Cette cassure s'est continuée par suite de l'excès de pression dû au dégagement subit de vapeur résultant du départ brusque du fond de la calandre; la virole arrière, s'étant détachée, s'est alors trouvée projetée, par suite de cet excès de pression.

Malheureusement, la mort du comptable n'était pas la seule à déplorer et d'autres victimes étaient ensevelies sous les décombres.

Le concierge et sa femme étaient mortellement atteints et ne tardèrent pas à succomber à leurs blessures. Leur petite fille, âgée de cinq ans, était blessée, et enfin un charretier de l'usine, qui était dans les écuries au moment de l'explosion et avait eu les jambes broyées, mourait quelques jours après à l'hôpital où il avait été transporté.

Le directeur de l'usine, qui se trouvait dans les bureaux, était également blessé.

On conçoit facilement que l'effet dynamique de l'explosion ait été énorme quand on pense que le poids de la chaudière, en tant que métal, était de 12 000 *kg* et que le poids d'eau qu'elle renfermait était de 8 500 *kg*, ce qui, au commencement de l'explosion, donne un poids total de 20 500 *kg*, auquel il faudrait encore ajouter le poids de la tuyauterie et des accessoires du générateur.

Description de la chaudière.

Comme nous l'avons dit, la chaudière qui a fait explosion était à foyer intérieur amovible, système Thomas et Laurens, avec corps supérieur.

Sa surface de chauffe était de 120 m^2 et sa capacité de 10 m^3.

Elle avait été timbrée, en 1891, à 7 *kg*. Sa construction était ordinaire; les tôles n'étaient pas chanfreinées intérieurement.

Elle présentait, en outre, des détails de construction qu'il est nécessaire de faire ressortir au point de vue de l'accident qui s'est produit.

Ces détails sont les suivants et le dessin d'ensemble de la chaudière, permet de s'en rendre compte *(Pl. 168)*.

D'abord, la surface annulaire entre la panse et la calandre était très faible : la distance entre ces deux parties n'était, en effet, que de 6 *cm*.

De plus, cette surface annulaire se trouvait encore réduite par la présence des rivets et par celle du support permettant de sortir le foyer au dehors de la calandre.

L'épaisseur du fond, 12 *mm*, était également faible.

Ensuite le rayon de courbure du fond de la calandre était trop grand; cela tient à ce que le constructeur avait commandé aux forges, pour ce fond, une tôle ronde dont le diamètre était trop faible.

Malgré cette défectuosité, la construction de la chaudière devant être activée, le fond a quand même été établi avec cette tôle, en sorte que la flèche s'est trouvée réduite et que l'angle du fond se trouvait très vif.

Ce travail du fond a été fait par un façonnier à la presse hydraulique.

De plus, le fond de la panse était très en arrière de la communication et, par suite, l'alimentation se faisait par un tuyau complètement recourbé qui débouchait en pente sur la clouure de la calandre, au lieu de se faire par une conduite sensiblement droite qui aurait offert, outre l'avantage d'être nettoyée plus facilement, celui de se trouver reportée en avant du fond de la calandre.

A cette construction, on peut opposer celle d'une grande Société de construction de la région parisienne qui s'occupe spécialement de la construction des chaudières à foyer intérieur amovible *(Pl. 168)* : pour la même surface de chauffe, l'épaisseur du fond

de la calandre est de 16 *mm*; son rayon de courbure est bien égal à son diamètre; l'alimentation se fait à l'avant de la clouure du fond; l'espace entre ce fond et le foyer est plus grand; enfin, l'intervalle entre le foyer et la calandre est de 7,5 *cm*.

Quant au métal, il provenait d'une forge du Nord et les chiffres donnés à la résistance et à l'allongement par des éprouvettes prélevées sur le fond de la calandre après l'explosion ont été supérieurs à ceux garantis par la forge; ce qui permettrait de conclure que le métal ne peut être incriminé.

Une analyse de la tôle du fond faite après l'explosion a relevé la présence de :

0,021 0/0 de soufre,
et 0,098 0/0 de phosphore.

Causes de l'explosion.

Après l'explosion, le fond de la calandre a été trouvé à 10 *m* environ en arrière de la chaudière; sous l'effet de la poussée de la vapeur renfermée dans le générateur, celui-ci a été projeté en avant et la violence du recul s'est trouvée augmentée par la difficulté qu'ont éprouvée l'eau et la vapeur de s'échapper par suite du faible espace annulaire compris entre la panse et la calandre.

Puis un choc violent qu'a reçu la chaudière sur une partie de la cloison du bâtiment pendant son mouvement de translation a eu pour effet de modifier la trajectoire du générateur qui, sans ce choc, au lieu de pénétrer dans la loge du concierge et dans les écuries, aurait été projeté dans le canal; dans ces conditions, les conséquences de l'explosion auraient pu se trouver très réduites.

C'est alors que s'est produite la seconde explosion et la projection de la dernière virole arrière du corps cylindrique.

En examinant le pourtour du fond de la calandre, on peut d'abord remarquer l'existence d'une corrosion extérieure due à des fuites à la clouure, produites par les contractions résultant forcément de ce que l'alimentation débouchait au-dessus de la clouure.

De plus, le fond, sur un tiers environ de sa circonférence, se termine par un biseau dont l'épaisseur n'est plus par endroits que de 1 à 2 *mm*, et en rapprochant la partie correspondante du fond restée rivée à la calandre, on peut voir que ce fond devait présenter un sillon corrodé qui, combiné à la corrosion extérieure, a réduit l'épaisseur du métal au chiffre indiqué plus haut.

Ces mêmes corrosions intérieures et extérieures existaient sur

le générateur voisin et une explosion devait fatalement se produire avec l'une ou l'autre de ces chaudières.

Sur ce générateur voisin n° 3, le fond a été dérivé et une section a été prélevée sur l'angle corrodé de ce fond ; l'empreinte de cette section est reproduite *(Pl. 168)*.

L'origine de ce sillon et celle des corrosions ultérieures peuvent être établies facilement.

En effet, nous avons déjà dit que la flèche du fond était trop faible, ainsi que l'épaisseur du métal.

Or, la chaudière actionnait une machine de laminoir, par conséquent à allure variable. De plus, le rapport de la surface de la grille à la surface de chauffe n'était que de 1/60 ; ce faible rapport résultait forcément de la grande surface de la chaudière, 120 m^2, surface qui est le maximum adopté avec ce type de générateur ; c'est ainsi que dans la série des chaudières de la Société parisienne dont nous parlions plus haut, ce rapport varie de 1/47 à 1/70 pour des surfaces variant de 15 m^2 à 113 m^2.

Dans ces conditions, il était difficile de conduire le feu et il en résultait forcément des variations dans la pression, qui ont amené des efforts de flexion alternative auxquels le fond n'a pu résister.

C'est ainsi que, par moment, la pression baissant trop, on était obligé d'arrêter la machine, de façon à permettre au chauffeur de faire remonter la pression de la chaudière.

L'influence de ces variations de pression se trouvait encore augmentée par les contractions résultant de l'alimentation, contractions qui ont d'ailleurs amené les fuites et la corrosion extérieure.

Sous l'influence de ces efforts de flexion et de contraction, il s'est produit, l'épaisseur du métal étant trop faible, des fissures, principalement dans l'angle inférieur qui était le plus fatigué par l'alimentation.

De plus, l'air contenu dans l'eau d'alimentation se dégageant à son arrivée dans la chaudière, au-dessus de la clouure du fond, il en est résulté une oxydation qui a augmenté l'importance du premier sillon en réduisant l'épaisseur du métal et qui, de plus, a été la cause des corrosions par pustules relevées autour de la corrosion principale.

L'approfondissement au sillon intérieur a toujours été en augmentant jusqu'à ce que l'épaisseur du métal, réduite à 1 *mm* sur 0,20 *cm* environ, ait été trop faible pour résister à la pression : c'est alors que l'explosion s'est produite.

MÉCANIQUE

DES

SYSTÈMES MATÉRIELS

PAR

M. A. GOUILLY

BUT DE CE MÉMOIRE

1. — La base de la mécanique est la théorie atomique qui consiste à imaginer que la matière se compose d'atomes agissant les uns sur les autres en raison de leurs masses et de leurs distances. Il semble qu'on l'ait trop délaissée dans le grand effort du siècle en vue de l'étude de la mécanique céleste. Le but de ce mémoire est d'essayer de montrer que la mécanique gagnerait en précision et en simplicité, si l'on abandonnait les explications détournées et les hypothèses en usage et si l'on ne perdait jamais de vue la constitution atomique de la matière.

Parmi les hypothèses usitées, celle des corps solides indéformables, en particulier, et tout ce qui s'y rattache, sera supprimé des développements qui vont suivre. Une telle conception s'impose en géométrie où l'on n'envisage que les propriétés de l'étendue; elle résulte de la fixité des dimensions de tous les systèmes au repos et de l'apparence de fixité des dimensions de beaucoup d'entre eux lors même qu'on les déplace ou qu'on les soumet à l'action de systèmes de forces différents. En mécanique, il ne faut faire usage des solides indéformables que pour établir des repères, des axes de coordonnées. Ils ne peuvent servir à autre chose, car on ne peut concevoir que l'un des effets des forces qu'on applique aux corps ne soit d'en modifier les dimensions.

Les formules de la dynamique et celles de la statistique du point matériel, qui servent de base à cette étude, sont rappelées ainsi que le principe des projections des lignes et les théorèmes des moments des lignes, afin de présenter un ensemble d'idées aussi complet que possible.

PREMIÈRE PARTIE

Équations générales de la mécanique des systèmes matériels.

Résultante géométrique de lignes, moments de lignes.

2. — Les théorèmes suivants sont purement géométriques : leur utilité, en mécanique, est de servir au calcul des forces, celles-ci étant représentées par des segments de lignes droites.

Si l'on porte bout à bout en direction, sens et grandeur des segments de lignes, leur somme géométrique ou résultante est le segment qui joint les extrémités du polygone ainsi formé.

La projection, sur un axe, de la résultante d'un système de segments est égale à la somme des projections de ces segments sur le même axe.

Le moment d'un segment par rapport à un point est le produit de ce segment par la distance du point à ce segment. C'est le double de l'aire du triangle qui a pour sommet le point et pour base le segment. On représente ce moment en élevant, au point considéré, une perpendiculaire au plan déterminé par celui-ci et le segment; et en portant dessus une longueur représentant le moment, dans un sens tel qu'un observateur, placé sur le plan dans la direction de cette ligne, voie le segment dont on prend le moment, dirigé dans un sens déterminé. On obtient ainsi l'axe représentatif du moment.

Le moment par rapport à un point de la résultante de segments concourants est la résultante ou somme géométrique des axes représentatifs des moments de ces segments par rapport au même point.

Le moment d'un segment par rapport à un axe est la projection, sur un plan perpendiculaire à l'axe, du moment de la ligne par rapport à un point quelconque de l'axe. C'est la projection, sur l'axe du moment, de l'axe représentatif du moment du segment par rapport à un point quelconque de l'axe du moment.

Le moment de la résultante de plusieurs segments concourants pris par rapport à un axe est la somme algébrique des moments de ces lignes par rapport au même axe.

Le moment d'une ligne par rapport à un point est la résultante des moments de ce segment pris par rapport à trois axes rectangulaires passant par ce point.

Par projection d'une force, on entend la projection du segment qui représente cette force; par moment d'une force, on entend le moment du segment qui représente la force.

Mécanique du point matériel.

3. — Les hypothèses sur lesquelles repose la mécanique du point matériel sont les suivantes :

Les forces sont proportionnelles aux masses et aux accélérations qu'elles leur communiquent;

Les effets des forces sont indépendants les uns des autres;

La réaction est égale et directement opposée à l'action.

D'après le premier principe, J désignant l'accélération totale que prend une masse m sous l'action d'une force F, on a $F = mJ$.

Si X, Y, Z sont les composantes de la force F et $\frac{d^2x}{dt^2}$, $\frac{d^2y}{dt^2}$, $\frac{d^2z}{dt^2}$, les composantes de l'accélération J,

$$X = m\frac{d^2x}{dt^2},$$

$$Y = m\frac{d^2y}{dt^2},$$

$$Z = m\frac{d^2z}{dt^2}.$$

D'après le deuxième principe, la résultante mécanique de plusieurs forces appliquées à un point matériel, la force équivalente à celles-ci, celle qui communiquerait au point l'accélération du mouvement qu'il prend sous l'action des forces appliquées, est représentée en direction, sens et grandeur, par les résultats géométriques du polygone construit avec les segments représentant les forces appliquées. Si R_x, R_y, R_z sont les composantes de cette résultante parallèles aux axes, on a :

$$R_x = \Sigma X,$$

$$R_y = \Sigma Y,$$

$$R_z = \Sigma Z.$$

Un point matériel est en équilibre si la résultante des forces qui y sont appliquées est nulle. Trois équations sont nécessaires

et suffisantes pour écrire qu'un point matériel est en équilibre, ce sont :

$$\text{(A)} \qquad \begin{aligned} \Sigma X &= 0, \\ \Sigma Y &= 0, \\ \Sigma Z &= 0. \end{aligned}$$

Elles expriment que la somme des projections des forces appliquées au point est nulle sur trois axes.

Principes de la mécanique des systèmes matériels.

4. — On distingue actuellement, en mécanique, trois sortes de systèmes matériels : les solides indéformables, les solides naturels et les fluides. La mécanique des solides indéformables est la base de celle des autres systèmes. Les principes sur lesquels les géomètres l'établissent peuvent se résumer dans les suivants :

Le principe du levier;
Le principe de la composition des forces;
Le principe des vitesses virtuelles;
Le principe de la solidification.

Le principe du levier, posé par Archimède, qui en a déduit son traité de l'équilibre, s'applique directement à la composition des forces parallèles agissant sur les corps solides indéformables.

Le principe de la composition des forces, qui est rigoureux pour les forces appliquées à un point matériel, a été étendu à la composition des forces sur les solides indéformables; en particulier, on en déduit la réduction des forces, appliquées à un solide, à deux dont l'une passant par un point choisi arbitrairement.

Le principe des vitesses virtuelles a été démontré ingénieusement par Lagrange au moyen de la considération des poulies mouflées.

Le principe de la solidification sert à étendre, aux systèmes déformables, les propriétés démontrées pour les solides indéformables.

Le théorème de Varignon a été considéré comme un principe s'appliquant aussi bien aux forces parallèles qu'aux forces concourantes; mais nous venons de voir que le moment d'une force n'est qu'une propriété géométrique du segment linéaire qui la représente.

Ces principes manquent de simplicité et surtout de précision;

nous ne nous arrêterons pas à le démontrer. Il nous suffit de rappeler que les géomètres ont fait de nombreuses tentatives pour en trouver des démonstrations irréprochables ou pour déduire indirectement des uns ce qui est considéré comme démontré directement par les autres. La faiblesse commune de ces principes vient de ce qu'ils supposent que « toute puissance peut être appliquée en un point quelconque de sa direction », et que « l'équilibre résulte de la destruction de plusieurs forces qui se combattent et qui anéantissent réciproquement l'action qu'elles exercent les unes sur les autres ».

La vérité est que la mécanique des systèmes n'a pas besoin d'autres principes que ceux qui sont admis pour le point matériel; qu'il est inutile de composer, décomposer, transporter des forces appliquées à un système; que les propriétés du levier, celles des poulies ne constituent pas une base indiscutable à la mécanique des systèmes; qu'ils s'en déduisent, au contraire, d'une manière simple et rigoureuse.

Forces intérieures, forces extérieures.

5. — Un système matériel doit être considéré comme composé de points matériels agissant à distance les uns sur les autres, de telle sorte que deux points quelconques s'attirent ou se repoussent mutuellement avec la même intensité. Cette intensité pour deux points, est une fonction de leurs masses et de leur distance.

Un système matériel peut être isolé ou soumis à l'action de la matière environnante. Il y a donc deux espèces de force à distinguer. Les unes s'exercent entre les points du système; on les nomme forces intérieures ou forces mutuelles. Les autres proviennent de points ne faisant pas partie du système; on les nomme forces extérieures.

Afin de simplifier les notations, nous ne considérerons sur un point matériel, qu'une force extérieure, qui est, s'il y a lieu, la résultante des actions exercées sur ce point par d'autres situés en dehors du système matériel. Soit F_p, dont les composantes sont X_p, Y_p, Z_p, la force extérieure appliquée à un point M_p de rang p dans un système considéré. Tous les points de celui-ci ne sont pas obligatoirement soumis à des forces extérieures. Les forces mutuelles appliquées à M_p seront représentées par f_{pq}, q devant égaler successivement 1, 2, 3 ... n, excepté p, n désignant le nombre des points du système matériel.

6. — Les forces mutuelles étant deux à deux égales et directement opposées, $f_{pq} = -f_{qp}$, la somme de leurs projections sur un axe quelconque est nulle ainsi que la somme de leurs moments autour de celui-ci. Pour un système de points matériels quelconque, qu'il soit en repos ou qu'il soit en mouvement, on a

$$\text{(B)}\qquad \begin{aligned} \Sigma f_{pq_x} &= 0, & \Sigma M_x f_{pq} &= 0,\\ \Sigma f_{pq} &= 0, & \Sigma M_y f_{pq} &= 0,\\ \Sigma f_{pq_z} &= 0, & \Sigma M_z f_{pq} &= 0. \end{aligned}$$

Dans chacune de ces équations, on fera p et q égaux à $1, 2, 3 \ldots n$, en ayant soin que l'indice pq soit composé de deux nombres différents.

Équilibre d'un système matériel.

7. — Pour qu'un système matériel soit en équilibre, il faut que chacun de ses points soit en équilibre; et réciproquement, si tous les points d'un système matériel sont en équilibre, le système est lui-même en équilibre. Pour le point M_p, par exemple, par application des équations (A, § 3),

$$\text{(C)}\qquad \begin{aligned} X_p + \Sigma f_{pq_x} &= 0,\\ Y_p + \Sigma f_{pq_y} &= 0,\\ Z_p + \Sigma f_{pq_z} &= 0. \end{aligned}$$

Pour avoir toutes les équations d'équilibre du système, que n soit petit ou qu'il soit grand, on fera successivement p égal à $1, 2, 3 \ldots n$; et, pour chaque valeur de p, on prendra q égal à $1, 2, 3 \ldots n$ excepté p. On formerait ainsi $3n$ équations nécessaires et suffisantes pour exprimer l'équilibre du système.

Entre n points, il y a à considérer $\frac{n(n-1)}{2}$ distances, en les prenant deux à deux. Il suffit d'en connaître $3n - 6$ pour que toutes les autres puissent être déterminées. Ce seront, par exemple, les distances de trois points et les distances de chacun des $n - 3$ autres aux premiers; ce qui fait en tout $3(n-3) + 3 = 3n - 6$ distances. Ainsi, les distances des points considérés deux à deux pouvant s'exprimer au moyen de $3n - 6$ d'entre elles; de même les forces mutuelles, si elles sont fonction des distances des points pourront s'exprimer au moyen de $3n - 6$ d'entre elles. On con-

çoit donc que les $3n$ équations de l'équilibre d'un système de points matériel en peuvent fournir 6 indépendantes de toutes forces mutuelles, ne dépendant que des forces extérieures. Ces équations sont dites : équations universelles de l'équilibre.

Dans les cas où les forces mutuelles ne sont pas du genre des actions moléculaires, comme celles dont il est question plus haut, elles sont soumises au principe de l'égalité de la réaction et de l'action; mais il n'apparaît plus d'une manière évidente que toutes les forces mutuelles seraient connues si l'on en connaissait $3n-6$. Une telle circonstance se produit lorsque, au lieu d'un système matériel unique, on a un ensemble de systèmes matériels. Ces systèmes seront étudiés plus loin; pour le moment, il suffit de remarquer que les forces mutuelles qui y sont en jeu satisfont aux équations (B, § 6) et que pour chacun des points, qui les composent, il y a trois équations de la forme (C, § 7).

Équations universelles de l'équilibre.

8. — Si l'on additionne les premiers membres des équations de l'équilibre d'un système (C, § 7) relatives aux projections sur l'axe des x, on obtient une équation exprimant que la somme des projections sur l'axe des x de toutes les forces, extérieures ou mutuelles, en action sur les points du système, est nulle. Or, la somme des projections de toutes les forces mutuelles sur un axe quelconque est nulle (B, § 6); il en résulte que la somme des projections des forces extérieures sur l'axe des x est nulle; il en est ainsi sur l'axe des y et sur l'axe des z.

Les coordonnées du point M_p étant x_p, y_p, z_p, si l'on multiplie par x_p le premier membre de l'équation de projection sur l'axe des z, et par $-z_p$ le premier membre de l'équation de projection sur l'axe y; si, de plus, on ajoute les produits analogues pour les équations relatives à tous les points du système, on en obtient ainsi une équation exprimant que la somme des moments par rapport à l'axe des x de toutes les forces extérieures et de toutes les forces mutuelles du système est nulle. Or la somme des moments de toutes les forces mutuelles d'un système par rapport à un axe quelconque est nulle; il en résulte que la somme des moments de toutes les forces extérieures par rapport à l'axe des x est nulle; il en est ainsi de la somme des moments par rapport à l'axe des y et par rapport à l'axe des z.

Entre les forces extérieures appliquées à un système matériel quelconque, on a donc

$$\text{(D)}\qquad \begin{aligned} \Sigma X &= 0, & \Sigma(Zy - Yz) &= 0,\\ \Sigma Y &= 0, & \Sigma(Xz - Zx) &= 0,\\ \Sigma Z &= 0, & \Sigma(Yx - Xy) &= 0. \end{aligned}$$

Ces équations sont dites : équations universelles de l'équilibre. Elles sont nécessaires, c'est-à-dire qu'elles sont satisfaites par les forces extérieures appliquées à un système en équilibre; mais elles ne sont pas suffisantes; il faut, pour qu'un système soit en équilibre, qu'elles soient satisfaites et que l'on puisse, en outre, satisfaire à $3n - 6$ équations où entrent des forces mutuelles, n désignant toujours le nombre des points du système.

En définitive : dans tout système en équilibre la somme des projections des forces extérieures est nulle sur un axe quelconque, et la somme de leurs moments est nulle par rapport à un axe quelconque.

Cas particuliers.

9. — Les propriétés, bien connues, suivantes, se présentent comme des propriétés générales des forces de la nature, parce que leur démonstration est basée sur des idées qui n'ont rien d'hypothétique et ne laissent rien à désirer.

Tout système matériel, qui n'est soumis qu'en un de ses points à l'action d'une force extérieure, ne peut être en équilibre. En effet, s'il était en équilibre, la projection de cette force serait nulle sur un axe quelconque, c'est-à-dire qu'elle serait nulle, contrairement à l'hypothèse.

Tout système matériel, qui n'est soumis qu'en deux de ses points à l'action de forces extérieures, n'est en équilibre que si ces forces sont égales et directement opposées. En effet, deux forces qui satisfont aux équations universelles de l'équilibre (D, § 8) sont égales et directement opposées. — Si ces deux forces étaient parallèles, le système ne serait pas en équilibre en général; la somme de leurs projections sur un axe quelconque pourrait bien être nulle, si ces forces étaient égales et de sens contraire; mais la somme de leurs moments par rapport à un axe quelconque ne serait pas nulle.

Tout système matériel, qui n'est soumis qu'en trois de ses points à l'action de forces extérieures, n'est en équilibre que si : 1° ces forces sont dans un même plan; 2° leurs segments représentatifs portés bout à bout forment un triangle. La première condition

résulte de ce que le moment de chaque force est nul par rapport à la ligne qui joint les points d'application des deux autres. La seconde résulte de ce que la somme des projections des forces doit être nulle sur deux axes pris dans leur plan.

Pour ces cas particuliers et tous autres que l'on peut imaginer, il faut toujours remarquer qu'il ne suffit pas que les équations universelles de l'équilibre soient satisfaites par les forces extérieures considérées pour que le système matériel soit en équilibre.

C'est en appliquant la méthode contenue aux numéros 19 et suivants que l'on appliquerait aux forces finies les propriétés énoncées précédemment, et qui paraissent n'être établies que pour des forces très petites, bien qu'il n'ait été fait aucune hypothèse sur la nature et la grandeur des forces considérées.

Passage d'un état d'équilibre a un autre.

10. — Un état d'équilibre d'un système matériel peut être défini par les coordonnées x, y, z de chaque point M et par les composantes x, y, z de la force extérieure qui y est appliquée. Un nouvel état d'équilibre sera défini par les coordonnées $x + \Delta x$, $y + \Delta y$, $z + \Delta z$ et les forces extérieures $X + \Delta X$, $Y + \Delta Y$, $Z + \Delta Z$. Pour l'un et pour l'autre état d'équilibre, les équations universelles sont satisfaites. On a donc les équations (D, § 8) et les suivantes :

$$\Sigma(X + \Delta X) = 0,$$
$$\Sigma(Y + \Delta Y) = 0,$$
$$\Sigma(Z + \Delta Z) = 0,$$
$$\Sigma\left[(Z + \Delta Z)(y + \Delta y) - (Y + \Delta Y)(z + \Delta z)\right] = 0,$$
$$\Sigma\left[(X + \Delta X)(z + \Delta z) - (Z + \Delta Z)(x + \Delta x)\right] = 0,$$
$$\Sigma\left[(Y + \Delta Y)(x + \Delta x) - (X + \Delta X)(y + \Delta y)\right] = 0.$$

Si de ces dernières on retranche les équations (D) relatives au premier état d'équilibre, on a

$$\Sigma \Delta X = 0,$$
$$\Sigma \Delta Y = 0,$$
$$\Sigma \Delta Z = 0,$$
$$\Sigma\left[(Z\Delta y - Y\Delta z) + \Delta Z(y + \Delta y) - \Delta Y(z + \Delta z)\right] = 0,$$
$$\Sigma\left[(X\Delta z - Z\Delta x) + \Delta X(z + \Delta z) - \Delta Z(x + \Delta x)\right] = 0,$$
$$\Sigma\left[(Y\Delta x - X\Delta y) + \Delta Y(x + \Delta x) - \Delta X(y + \Delta y)\right] = 0.$$

Ces équations montrent que, si un système matériel est en équilibre sous l'action de forces extérieures, les accroissements de celles-ci, qui produisent un nouvel état d'équilibre, ne satisfont qu'aux équations de projection. On voit, en effet, que la somme des moments de ces accroissements, au lieu d'être nulle autour d'un axe, est égale à la somme des moments des forces extérieures, répondant à la première position d'équilibre, pris respectivement par rapport à des axes parallèles aux premiers et passant par les nouvelles positions des points matériels.

11. — De ce que les accroissements des forces extérieures et les accroissements de forces mutuelles, qui correspondent à un changement d'équilibre, ne satisfont pas aux équations de l'équilibre, il faut conclure que le principe de l'indépendance des effets des forces, ou de la superposition de ces effets, qui est vrai pour un point matériel, n'est pas vrai généralement pour les systèmes matériels. Il est facile de s'en rendre compte géométriquement.

Si l'on fait correspondre chacun à chacun les côtés de deux polygones fermés, les différences géométriques des côtés de l'un aux côtés correspondants de l'autre, portées bout à bout en direction, sens et grandeur forment un polygone fermé. Ce théorème est analogue à celui-ci : la différence d'une somme de fonctions est égale à la somme des différences de ces fonctions. Il se démontre très facilement pour deux triangles ; il suffit, pour le généraliser, de faire voir que s'il est vrai pour des polygones de n côtés, il est vrai pour des polygones de $n + 1$ côtés.

Pour chaque position d'équilibre, les forces extérieures et les forces mutuelles appliquées en un point forment un polygone fermé. Dans le passage d'une position à une autre, les accroissements des forces extérieures et ceux des forces mutuelles forment pour chaque point un polygone fermé. D'autre part, les accroissements des forces mutuelles sont bien toujours deux à deux égaux, parallèles et de sens contraires ; mais ils ne sont pas directement opposés. En effet, pour deux points ayant les positions M et M′, dans le premier état d'équilibre, les forces mutuelles sont dirigées suivant MM′ ; dans le second état, elles sont dirigées suivant M_1M_1', M_1 et M_1' étant les nouvelles positions de ces deux points. Les accroissements de forces mutuelles ne sont donc pas directement opposés.

On conçoit, d'après cela, que si l'on projette sur un axe tous les accroissements des forces extérieures et ceux des forces mu-

tuelles, ces derniers disparaissent; tandis qu'il n'en est pas de même si l'on prend la somme des moments des uns et des autres.

12. — En général donc, étant donné un système, on ne pourra pas connaître les accroissements des forces mutuelles et, par suite, la nouvelle position d'équilibre qui se produit après l'action de nouvelles forces extérieures qu'on appliquerait à ce système, si on ne connaît les forces extérieures qui correspondent à l'état d'équilibre primitif.

Équilibre d'une partie d'un système naturel.

13. — Étant donné un système de m points matériels, on peut avoir à considérer l'ensemble formé par n de ces points, qui sont supposés numérotés de 1 à n. On a ainsi un système en équilibre sous l'action des forces extérieures F_p, p étant un nombre entier plus petit que $n+1$, appliquées respectivement sur les n points, et sous l'action des forces exercées sur ceux-ci par les points numérotés de $n+1$ à m. Ces forces étaient des forces mutuelles ou intérieures dans le système de m points; elles deviennent des forces extérieures sur le système de n points considérés séparément. Ces forces seront désignées par f_{pq}, p étant un nombre entier variant de 1 à n et q étant un nombre entier variant de $n+1$ à m. Les forces F_p et les forces f_{pq} satisfont aux équations universelles de l'équilibre, et on a

$$\begin{aligned}
\Sigma F_{p_x} + \Sigma f_{pq} &= 0,\\
\Sigma F_{p_y} + \Sigma f_{pq_y} &= 0,\\
\Sigma F_{p_z} + \Sigma f_{pq_z} &= 0,\\
\Sigma M_z F_p + \Sigma M_x f_{pq} &= 0,\\
\Sigma M_y F_p + \Sigma M_x f_{pq} &= 0,\\
\Sigma M_x F_p + \Sigma M_x f_{pq} &= 0.
\end{aligned}$$

14. — Sur toute partie d'un système matériel isolé, les forces, primitivement mutuelles, devenues forces extérieures sur cette partie considérée, satisfont aux équations universelles de l'équilibre. En effet, le système matériel étant isolé, c'est-à-dire, n'étant soumis à aucune force extérieure, les forces F_p des équations précédentes sont nulles. Les forces f_{pq} satisfont donc aux équations de l'équilibre.

Équations du mouvement des systèmes matériels.

15. — Les équations du mouvement des systèmes matériels s'obtiennent en appliquant le principe de d'Alembert. Chaque point matériel est considéré comme soumis à une force extérieure, à des forces mutuelles et à une force — $m\mathrm{J}$, dite force d'inertie. En écrivant qu'un point est en équilibre sous l'action de ces forces, on a les trois équations du mouvement de ce point. Il y en a $3n$ pour un système matériel de n points.

En opérant comme au paragraphe 8, on prouverait que l'on peut déduire six équations du mouvement indépendant des forces intérieures ou mutuelles, et que les forces extérieures et les forces d'inertie d'un système matériel satisfont aux équations universelles de l'équilibre. Ces équations ne sont autres que celles que fournissent le théorème de la quantité de mouvement projetée et le théorème du moment de la quantité de mouvement.

Le théorème du travail dépend des forces intérieures.

DEUXIÈME PARTIE

Applications.

Division générale de l'étude des systèmes matériels.

16. — Jusqu'ici, si l'on admet comme exacts les principes de la mécanique du point matériel, l'étude des systèmes matériels apparaît comme l'expression de la vérité, parce que l'on a pu l'établir au moyen de raisonnements rigoureux. Dès que l'on aborde les applications, on est aux prises avec les difficultés résultant de l'insuffisance des connaissances sur la constitution de la matière. On ne sait combien d'atomes se trouvent dans un volume donné, ni comment ils s'y répartissent; on sait peu de choses sur le mode d'action et l'intensité des forces mutuelles. Cependant l'esprit, en abordant ces difficultés, possède un repos nécessaire résultant de ce que les formules générales sont indépendantes de toute hypothèse et de toute idée préconçue.

Deux grandes classes de problèmes se présentent : ceux dans lesquels on peut, par approximation, négliger les déformations des systèmes matériels correspondantes aux changements d'état mécanique, et ceux dans lesquels on doit tenir compte des défor-

mations. Pour peser, on peut employer une balance à levier rigide, tant que ses formes géométriques peuvent être considérées comme étant identiques à elles-mêmes dans toutes ses positions d'équilibre. On peut, pour le même usage, employer un ressort tant que son élasticité reste parfaite, c'est-à-dire tant que ses propriétés physiques restent les mêmes. Dans le premier appareil, les déformations sont secondaires; il suffit qu'elles soient très petites, pour que la pesée ait une exactitude convenable. Dans le le second appareil, la pesée se fait par l'observation des déformations; il suffit que celles-ci soient comparables d'une pesée à une autre.

Pour faire des visées sur le sol, on peut se contenter des observations faites avec une lunette quelconque; si l'on fait des visées dans le ciel, il faudra avoir égard à la flexion de la lunette sous son propre poids. M. Yvon-Villarceau, membre de l'Institut, membre de la Société des Ingénieurs Civils, a fait un mémoire sur la correction des observations astronomiques, en tenant compte de la flexion des grandes lunettes.

Enfin, dans des cas très nombreux, on ne peut connaître les forces extérieures appliquées à un système, si l'on n'étudie pas préalablement ses déformations.

La mécanique, on le voit par ces exemples que l'on pourrait multiplier, comprend l'étude des systèmes matériels quand on néglige les déformations, et l'étude des systèmes quand on tient compte des déformations. Elle comprend, en outre, l'étude des changements d'état physique des systèmes résultant de frottements, transports d'énergie, etc. La revision qui va suivre ne portera que sur les deux premières études.

Isométrie.

17. — Avant d'aborder les applications, il convient d'apprendre à résoudre ou à simplifier la résolution des équations de l'équilibre En réalité, la théorie de l'équivalence des forces, de l'enseignement actuel de la mécanique, n'a pas d'autre but. Les forces étant représentées par des segments de droites, cette question est d'ordre géométrique ou analytique, et cependant on expose la théorie de l'équivalence en partant de l'idée de l'équilibre et de cette sorte d'axiome que, sur un solide indéformable, une force peut être appliquée en un point quelconque pris sur sa direction. Dans l'étude des systèmes matériels, les esprits superficiels ou distraits

inclinent trop facilement à prendre le mot équivalence dans son sens propre, alors même qu'ils sont avertis qu'il n'a plus qu'un sens figuré (1). Afin de bien montrer, ici tout au moins, qu'il n'est pas permis de composer, de décomposer, de transporter des forces sur un système, et afin de bien marquer qu'il s'agit de la mesure des forces, ce qui a rapport à cette mesure sera compris sous le nom d'isométrie; si, plus tard, le mot isométrique s'ajoute au mot force, il faut entendre qu'il s'applique aux segments représentant des forces.

Deux segments sont isométriques, quand ils ont mêmes projections sur trois axes, mêmes moments autour de ceux-ci.

Deux systèmes de segments sont isométriques, quand ils ont mêmes sommes de projections sur trois axes et mêmes sommes de moments autour de ceux-ci.

18. — L'isométrie est basée sur cette remarque : on forme des groupes de segments isométriques d'un groupe donné, si l'on ajoute ou si l'on retranche à celui-ci des groupes de segments ayant une somme de projections nulle sur un axe quelconque et une somme de moments nulle autour d'un axe quelconque.

On peut remplacer plusieurs segments concourants par leur résultante géométrique, ou un segment résultant par ses composantes. On peut remplacer un système de segments quelconques par un segment unique et un couple de deux segments égaux parallèles et de sens contraires.

Ces propositions sont démontrables, géométriquement ou analytiquement, sans qu'il soit besoin de faire intervenir l'idée de l'équilibre.

La *Statique graphique* donne le moyen de remplacer des segments de ligues par d'autres isométriques.

19. — L'isométrie n'a pas seulement pour but le calcul des forces. Dans l'ignorance où l'on est au sujet des forces mutuelles, il faut remplacer celles-ci par des forces de définition. C'est ainsi que, pour l'étude des solides et celle des fluides, on remplace la considération des forces mutuelles par ce que l'on nomme la pression, et que, dans l'élasticité, on remplace les forces élastiques

(1) Si l'on compose les forces extérieures qui agissent sur une portion quelconque d'un corps, *comme si ces forces agissaient sur un système invariable*, on obtiendra (dans l'hypothèse où nous nous plaçons toujours, de forces dans un plan) une résultante et un couple résultant. Cette résultante ou ce couple sont des forces *purement fictives*, qui ne pourront à aucun degré remplacer celles d'où elles proviennent. (M. Lévy. *Statique graphique*, 1re partie, ch. VI, p. 102.)

mutuelles par les variations de pression. S'il était possible de faire que les forces de définition fussent rigoureusement isométriques des groupes de forces mutuelles qu'elles remplacent, les problèmes de la mécanique recevraient des solutions rigoureuses.

Étude des systèmes quand on néglige les déformations.

Conditions générales d'équilibre des systèmes dont on néglige les déformations. Réactions des appuis des corps solides.

20. — En disant que, dans un système, on néglige les déformations, on entend qu'il est considéré comme géométriquement identique à lui-même dans toutes les positions qu'il occupe dans l'espace. Un tel système prend le nom de corps solide. Les points d'application des forces extérieures, dans cette hypothèse, gardent leurs distances mutuelles; mais ce qui caractérise ces systèmes, c'est que l'on peut les considérer comme étant en équilibre dans une position quelconque, pourvu que les forces extérieures correspondantes à cette position d'équilibre satisfassent aux équations universelles de l'équilibre. Il ne faut voir en tout ceci qu'une approximation plus ou moins grande, suivant le cas et, d'une manière générale, pour qu'il en soit ainsi, il faut que les forces extérieures ne dépassent pas certaines limites.

Ce qui guide, il faut bien le remarquer, c'est la fixité apparente des dimensions dans toutes les positions d'équilibre du corps et l'approximation suffisante d'une question d'équilibre ou de mouvement, si on la traite en négligeant les déformations. En effet, pour se passer des $3n - 6$ équations qui lient les forces intérieures aux forces extérieures, il ne suffirait pas de dire que les forces mutuelles d'un solide sont très grandes relativement aux forces extérieures; car la grandeur des forces mutuelles ne dépend pas seulement des forces extérieures, elle dépend encore de la distribution de la matière. D'autre part, un même corps, tout en conservant, en apparence, ses dimensions, peut se trouver soumis à de telles sujétions, qu'il ne soit plus permis de négliger, même approximativement, les faibles déformations qu'il a subies.

21. — Si un système matériel est dans une situation telle que ses points peuvent occuper les positions répondant à l'état d'équilibre dû à l'action de forces extérieures données, on peut dire qu'il est à déformation libre. Si, au contraire, il est gêné par

des obstacles, de telle sorte que ses points ne peuvent occuper les positions qui leur conviendraient sous l'action de forces données, il faut faire intervenir de nouvelles forces extérieures qui tiennent compte des obstacles et que l'on nomme réactions des appuis. Un système, dans l'un et dans l'autre cas, pourra être considéré comme libre sous l'action des réactions des appuis et des autres forces qui lui sont appliquées. L'ensemble des unes et des autres satisfont aux équations universelles de l'équilibre. Mais dans le second cas, on a dû recourir à l'étude des déformations pour connaître les réactions des obstacles; la première des considérations pour l'étude d'un système est celle des obstacles.

22. — Supposons que l'on fixe un point d'un système. Il est bien évident que l'on n'impose aucune gêne aux variations des distances des points matériels. Rendons le système libre en remplaçant l'obstacle par une force appliquée au point fixe, que nous nommerons force de réaction de ce point, et telle que celui-ci ne prenne aucun déplacement. Que l'on néglige les déformations, ou qu'on ne les néglige pas, la force de réaction, changée de signe, est isométrique des autres forces extérieures dans la position d'équilibre considérée, puisque l'ensemble des forces extérieures, y compris la force de réaction, satisfait aux équations universelles de l'équilibre. Si un corps solide peut être considéré comme gardant ses dimensions géométriques dans toutes les positions d'équilibre qu'il peut prendre autour d'un point fixe, on dira que l'on peut considérer la réaction comme étant indépendante des déformations; et il en résultera une simplification, si on n'a pas besoin de la connaître : il suffira, pour une position quelconque d'équilibre, d'écrire que la somme des moments des forces extérieures, autres que la réaction, est nulle par rapport à trois axes passant par le point fixe.

23. — Un point matériel qui s'appuie sur une ligne ou sur une surface est soumis à une réaction normale à la ligne ou à la surface au point considéré, si cette ligne et cette surface sont parfaitement lisses. Si un système en équilibre s'appuie en un point sur une surface, le système est librement dilatable et la réaction de la surface étant indépendante des déformations, un solide sera en équilibre si les forces extérieures, autres que la réaction, sont isométriques d'un segment normal à la surface au point d'appui et dirigée dans le sens convenable pour que le solide appuie sur la surface.

24. — Si un système a un point fixe et s'appuie par un autre point sur une surface, ses déformations ne sont pas gênées parce que le point qui pose sur la surface peut s'y déplacer jusqu'à ce qu'il prenne une position compatible avec un état d'équilibre du système. On pourra dire que les réactions des appuis ne dépendent pas des déformations, dans ce cas, pour un solide.

M. Rouché, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers (*Éléments de statique graphique*, p. 61) « donne le nom de réaction simple à toute réaction dont la ligne d'action est donnée », on voit par là que la réaction d'un appui est une réaction simple et que celle d'un point fixe équivaut à trois réactions simples.

25. — Dès que l'on fixe deux ou plusieurs points d'un système, il faut faire intervenir les déformations. Les obstacles qui rendent invariables les positions de deux ou de plusieurs points donneront nécessairement lieu à des forces de réaction qui auraient, si l'on veut, pour effet de ramener à leurs premières positions les points par lesquels le corps s'appuie sur les obstacles, s'ils en avaient été tirés par l'effet de forces extérieures, autres que les réactions agissant seules. Ces forces de réaction ne seront connues qu'en étudiant les déformations du système. Il en est ainsi, par exemple, d'un arc posé sur rotules ; à chaque rotule se développe une poussée qui dépend non seulement des charges placées sur l'arc, mais encore de la forme de celui-ci.

En général, un système plan, soumis à des forces dans son plan, ne peut recevoir plus de trois réactions simples, pour que l'on puisse négliger ses déformations; parce que les équations universelles de l'équilibre, appliquées à des forces situées dans un plan, ne pourraient déterminer plus de trois réactions simples.

La détermination des réactions des obstacles a été complètement traitée par M. Lévy (*Statique graphique*, 1re partie, chap. V., *Conditions d'équilibre des corps naturels libres ou non*, p. 73).

Poids d'un corps, centre de gravité.

26. — Le poids d'un système matériel est la force isométrique des actions de la pesanteur sur les points de ce système; le centre de gravité est le point d'application de cette force isométrique. Soient p le poids d'un point matériel de coordonnées x, y, z, et P la force isométrique des poids p et dont le point d'application a pour coordonnées ξ, η, ζ. Prenons un système d'axes tels que l'axe des z soit parallèle à l'action de la pesanteur, P est parallèle

à cet axe, puisque sa projection est nulle sur l'axe des x et sur l'axe des y; les autres conditions d'isométrie donnent:

$$P = \Sigma p,$$
$$P\xi = \Sigma px,$$
$$P\eta = \Sigma py.$$

Supposons que l'on ait affaire à un solide dont on néglige les déformations. Repérant les points de ce solide sur les axes, on doit considérer ξ et η constants comme on considère constants les x et les y des points du système. Si on place l'ensemble du corps et des axes dans une position où l'axe des y soit parallèle à la pesanteur, on a $P\zeta = \Sigma pz$. Il y a dans l'espace un point dont les coordonnées sont ξ, η, ζ qui est fixe par rapport aux points du solide, quand on néglige les déformations, et qui est défini par les équations

$$P = \Sigma p, \qquad \xi = \frac{\Sigma px}{P}, \qquad \eta = \frac{\Sigma py}{P}, \qquad \zeta = \frac{\Sigma pz}{P}.$$

Si le solide a un point ayant pour coordonnées ξ, η, ζ, on pourra y appliquer une force effective — P, opposée à la pesanteur et le corps pourra être considéré comme en équilibre sous l'action des forces de la pesanteur et de la force — P. On dit que la force + P est la mesure du poids du corps. S'il n'y avait pas de point matériel occupant la position ξ, η, ζ, le centre de gravité serait un point géométrique. Quant au poids, on le mesurerait indirectement; on prendrait la force isométrique de forces appliquées au corps et le maintenant en équilibre sous l'action des forces de la pesanteur.

27. — Dans les systèmes qui changent de forme pour chaque position d'équilibre, le point ξ, η, ζ est encore nommé centre de gravité; mais il est variable d'une position d'équilibre à une autre.

Machines simples.

28. — Le levier est un solide ayant un point fixe et soumis à deux forces, l'une la puissance, l'autre la résistance. Il constitue un système librement déformable; il est en équilibre chaque fois que la somme des moments de la puissance et de la résistance est nulle par rapport au point fixe, car d'après le n° 22, la force isométrique de la résistance et de la puissance passe par le point fixe. Pour écrire les équations de l'équilibre, on pourra négliger

les déformations et ne considérer que les dimensions géométriques initiales chaque fois qu'il n'y aura pas intérêt à connaître les déformations.

On ferait d'une manière analogue la théorie du treuil, de la balance à fléau, de la poulie simple, des poulies mouflées.

Systèmes articulés.

29. — Considérons un système réticulé situé dans un plan ainsi que les forces qui agissent dessus. Cherchons les conditions nécessaires pour que l'on puisse calculer les forces qui se font équilibre autour des assemblages en négligeant les faibles déformations du système; c'est-à-dire en ne se servant que des équations de l'équilibre sans faire intervenir la considération des déformations. Une première condition est que les éléments du système réticulé, c'est-à-dire les systèmes matériels qui vont d'un assemblage à un autre, soient librement déformables. Ainsi les assemblages ne devront pas être rigides, c'est-à-dire tels que les pièces qui s'y rencontrent soient astreintes à faire des angles fixes les unes avec les autres. On peut facilement se rendre compte qu'une pièce d'un système réticulé serait soumise à au moins quatre forces de réactions simples, si les articulations étaient rigides. Les assemblages devront être des articulations autour desquelles les pièces assemblées pourront effectuer librement les rotations qui résultent des déformations élastiques du système sous l'action des forces extérieures. Ces articulations sont analogues à celles que l'on réaliserait en traversant par un boulon les extrétrémités des barres qui se rencontrent.

30. — Pour fixer les idées, réduisons les éléments d'un système articulé à des barres rectilignes joignant les articulations deux à deux, chaque barre reçoit des deux articulations qu'elle réunit deux forces égales et directement opposées. Cela résulte des conditions de l'équilibre appliquées à cette barre. Chaque articulation est en équilibre sous l'action des forces extérieures qui peuvent lui être appliquées et sous l'action des forces de réaction provenant des barres qui s'y assemblent. Ces dernières forces sont des forces mutuelles du système considéré dans son ensemble.

Pour que le système soit en équilibre, il faut que chaque articulation soit en équilibre et réciproquement. Soit n le nombre

des articulations, il faut deux équations pour exprimer l'équilibre d'une articulation et, par suite, $2n$ équations pour exprimer l'équilibre de tout le système. Ce système de $2n$ équations peut être remplacé par un autre de trois équations entre les forces extérieures seules, et de $2n - 3$ entre les forces extérieures et les forces intérieures ou actions des articulations sur les barres.

Supposons d'abord que toutes les forces extérieures appliquées au système soient connues. Comme il y a $2n - 3$ équations où entrent les tensions ou compressions des barres, on pourra les déterminer, en général, si celles-ci sont en même nombre que les équations. $2n - 3$ barres sont nécessaires et suffisantes pour rendre géométriquement indéformables un système contenant n articulations, c'est-à-dire pour que les angles de la figure soient déterminés. Si le nombre de barres est moindre que $2n - 3$, il y aura, généralement, impossibilité de satisfaire aux équations de l'équilibre. Dans ce cas, le système est dit géométriquement déformable, c'est-à-dire que, pour les mêmes valeurs des côtés, les angles, ou certains d'entre eux, peuvent prendre des valeurs ayant des différences finies. Pour qu'un tel système soit en équilibre pour une position donnée des barres, il faut soumettre les forces extérieures à autant de conditions qu'il manque de barres.

Si le nombre de barres dépasse $2n - 3$, le système est dit à barres surabondantes. Il semble y avoir indétermination entre les tensions ou compressions. Le problème de leur détermination dépend de l'élasticité.

Un système strictement indéformable au point de vue géométrique, c'est-à-dire triangulé, c'est-à-dire encore tel que chaque articulation soit définie par ses distances à deux autres est librement déformable au point de vue élastique; c'est-à-dire qu'un côté peut changer de longueur sans que les autres en changent. En effet, une barre AB peut devenir AB′ sans qu'aucun des côtés de la figure varie de longueur. L'articulation B peut venir en B′ sans que la distance à un point, autre que A, soit changée. En changeant AB en AB′, on ne change rien aux distances qui relient d'autres articulations aux points A et B; et, par conséquent, il n'y a rien de changé dans les longueurs des barres du système autres que AB. Il n'en est plus de même pour un système à barres surabondantes, les longueurs de celles-ci sont des fonctions des longueurs des barres du système triangulé; et les déformations élastiques des premières sont des fonctions des déformations élastiques des secondes. C'est de la connaissance de ces déformations

élastiques que résultera la détermination des tensions ou compressions des barres du système.

31. — Supposons maintenant que toutes les forces qui agissent sur le système ne sont pas données *a priori*, c'est-à-dire que quelques-unes soient les réactions d'obstacles auxquels serait soumis le système. Si les obstacles équivalent au plus à trois réactions simples, c'est-à-dire s'ils n'empêchent pas le système de prendre sa position d'équilibre sous l'influence de forces données et des réactions, celles-ci pourront être calculées indépendamment des déformations (21, 22). Si, au contraire, les obstacles sont tels que le système soit gêné et ne se déforme pas librement, il faudra recourir à l'étude des déformations pour calculer les réactions des obstacles.

En résumé, on peut appliquer à un système réticulé, l'approximation qui consiste à négliger ses déformations, s'il satisfait aux trois conditions suivantes : 1° être articulé, 2° être strictement indéformable, 3° être en contact avec des obstacles lui laissant toute liberté de déformation (1).

Solides en mouvement. — Calcul des machines.

32. — Afin de ne pas compliquer la question, supposons qu'il s'agit de solides, de pièces de machines ayant un mouvement parallèle à un plan. Il sera toujours possible, sauf pour les ressorts, de calculer, avec l'approximation qui consiste à négliger les déformations, les vitesses, les réactions, en un mot toutes les quantités cinématiques ou dynamiques que l'on voudra connaître. En effet, ces pièces ne peuvent avoir plus d'un point fixe et elles ne peuvent avoir entre elles que des contacts qui ne gênent pas leurs déformations.

La machine d'Atwood offre un exemple très simple d'une approximation relative aux systèmes en mouvement. Négligeant l'allongement du fil et de légers frottements, établissons la formule donnant le rapport de l'accélération de la pesanteur à celle que prend le fil sous l'influence du poids additionnel. L'allongement étant négligé, tous les points du fil ont une même accélération J qu'il communique d'un côté à un poids P qui monte et, de l'autre côté, à un poids $P + p$ qui descend. De plus, la tension du fil est la

(1) Voir : ***Systèmes réticulaires à lignes ou conditions surabondantes. Statique graphique***, IV^e^ partie, de M. Maurice Lévy.

même dans toute son étendue ; si donc on coupe le fil au-dessus de chaque poids, il faudra remplacer son action par celle d'une tension T. Écrivons que les forces d'inertie et les forces appliquées aux masses de chaque côté du fil satisfont aux équations de l'équilibre, on aura, en prenant pour sens positif le sens du mouvement ascensionnel, d'un côté, celui de la descente, de l'autre :

$$T - P - \frac{P}{g} J = o \qquad P + p - T - \frac{P+p}{g} J = o$$

d'où

$$\frac{J}{g} = \frac{p}{2P+p}.$$

Étude des systèmes matériels en tenant compte des déformations.

Définition de la pression.

33. — C'est ici que commencent les difficultés de la mécanique puisque, ainsi qu'on l'a vu, une question de mécanique ne peut recevoir une solution rigoureusement exacte que si l'on tient compte des déformations des systèmes, chaque fois qu'il faut passer d'un état à un autre. Cette rigueur est souvent inutile dans les cas usuels ; mais dans les problèmes les plus généraux de la mécanique, il est indispensable d'étudier les déformations. L'étude suivante ne porte que sur les bases de l'élasticité et celles de la résistance des matériaux ; de plus, comme elle a surtout pour but d'indiquer une méthode de travail, il ne faut pas penser y voir un essai de solution de questions aussi compliquées.

La nature intime de la matière échappant aux mesures directes, il n'est pas possible de composer autour d'un point d'un système les forces mutuelles qui agissent dessus. D'ailleurs, il serait plus simple, si cette composition était possible, de remplacer les groupes de forces mutuelles par des forces isométriques, qui sont, non des forces effectives, mais des forces de définition pouvant remplacer les forces mutuelles dans les équations de la mécanique, et cela de telle manière que, si l'isométrie était réelle, les solutions données par les équations de la mécanique seraient exactes.

La difficulté est donc de trouver ces forces isométriques et on ne peut y échapper. Ce qu'il importe d'ailleurs, c'est de donner bien clairement les définitions et les approximations du calcul ; toute question dont l'état est bien défini étant en voie de progrès.

34. — Les hypothèses généralement admises sur la matière sont les suivantes :

1° La distance ζ à laquelle la matière commence à agir sur elle-même par cohésion ou affinité est très petite ; si petite qu'elle ne peut pas être mesurée à l'aide de nos instruments ;

2° Les molécules au repos ne sont pas en contact les unes avec les autres ; elles sont à des distances qui ne sont que des fractions de ζ plus petites que l'unité. Les pores que l'on constate dans la matière justifient cette hypothèse.

Il résulte de cela que si l'on modifie la distance de deux molécules au repos, on modifie l'attraction ou la répulsion qu'elles exercent l'une sur l'autre d'après la distance à laquelle elles sont l'une de l'autre, et qu'une molécule est au repos sous l'action des répulsions des molécules les plus voisines et des attractions de celles qui sont dans la sphère d'action moléculaire dont cette molécule est le centre.

Il est une hypothèse d'ordre analytique qu'il faut placer à la suite des premières ; c'est la suivante : les dimensions des solides élémentaires sur lesquels on raisonne sont plus grandes que ζ, ou tout au moins plus grandes que les distances moléculaires, parce que ces solides élémentaires doivent renfermer des molécules. La mise en équation des problèmes devrait se faire au moyen de différences et non au moyen de différentielles.

35. — La pression sur un élément plan ω est la force isométrique des actions des molécules situées d'un côté A du plan de cet élément sur les molécules situées de l'autre côté et contenues dans un cylindre ayant pour base l'élément et pour génératrices des perpendiculaires à son plan. Les molécules de la partie A, qui peuvent avoir une action sur celles du cylindre, font partie d'un volume enveloppant toutes les demi-sphères ayant leur centre sur l'élément ω et situées du côté A. Les molécules du cylindre qui peuvent recevoir des actions sont à une distance ζ de la base au plus ; le cylindre doit être considéré comme ayant une hauteur ζ. Pour qu'il n'y ait pas ambiguité dans la définition de la pression, celle-ci doit être isométrique de toutes les forces mutuelles qui se produisent entre les points d'un élément et les points environnants. Il faut donc que les dimensions d'un élément ne soient pas inférieures à ζ.

Si on considère trois axes rectangulaires ayant leur origine sur

l'élément ω et dont deux soient dans le plan de l'élément, p_x, p_y, p_z, représentant les composantes de pression p, on a

$$p_x = \frac{\Sigma f_x}{\omega}, \qquad p_y = \frac{\Sigma f_y}{\omega}, \qquad p_z = \frac{\Sigma f_z}{\omega}.$$

Pour avoir un système isométrique des forces f, il faudrait tenir compte de leurs moments autour des trois axes. La force p ne pourrait être isométrique des forces f que si ces moments étaient nuls. Elle pourrait être, par approximation, considérée comme isométrique dans certains cas, si l'action moléculaire décroissait considérablement quand la distance moléculaire augmente relativement peu.

Dans tous les cas, les Σf sont des quantités petites du deuxième ordre et les sommes de moments des f sont des quantités petites du troisième ordre au moins.

Quand Lamé (1) définit la force élastique, il considère l'action des molécules contenues dans une demi-sphère de rayon ζ sur un cylindre droit très délié ayant pour base un élément superficiel infiniment petit situé au centre dans le plan diamétral de la demi-sphère. Il néglige donc les moments des forces f.

Application aux fluides, principe de Pascal.

36. — On admet que dans les fluides les pressions sont normales aux éléments superficiels considérés. Cette hypothèse est la base d'une première étude des fluides où l'on néglige la viscosité. On peut démontrer directement le principe de Pascal qui s'énonce ainsi : dans tout fluide en équilibre qui n'est soumis à aucune force extérieure, la pression par unité de surface est la même sur tous les éléments plans considérés dans la masse fluide. Soient M et M_1 deux points pris dans la masse, considérons un petit cylindre dont les génératrices sont parallèles à MM_1. Coupons-le par un plan passant en M, faisant l'angle α avec MM_1, et par un plan passant en M_1 faisant un angle α_1 avec MM_1. Soient ω, ω_1 les aires respectives des sections faites par ces plans dans le cylindre, et p, p_1 les pressions par unité de surface sur ces éléments. La masse fluide contenue dans le cylindre, isolée du reste du fluide, est en équilibre sous l'action des forces mutuelles provenant du fluide extérieur (§ 14). Si l'on remplace ces

(1) *Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité*, édition 1866, p. 8.

forces par les pressions qui leur sont isométriques, et si l'on projette sur l'axe du cylindre, on a $p\omega\cos\alpha = p_1\omega_1\cos\alpha_1$; les pressions latérales disparaissant en projection, puisqu'elles sont perpendiculaires à la surface du cylindre et, par suite, à l'axe de projection. Mais $\omega\cos\alpha = \omega_1\cos\alpha_1$ puisque chacune de ces expressions est l'aire de la section droite du cylindre. Il en résulte $p = p_1$.

Dans les fluides soumis à des forces extérieures, tels les fluides pesants, par exemple, les pressions ne sont plus égales, par unité de surface, dans toute la masse; mais elles sont égales autour d'un point. Pour le démontrer, il n'y a qu'à supposer que le point M_1 vient se confondre avec le point M. Les éléments plans et la surface du cylindre, comprise entre eux, emprisonnent une masse fluide soumise à l'action de la force extérieure; mais cette action est proportionnelle au volume de la masse fluide, elle disparaît devant les pressions qui sont du deuxième ordre de grandeur. L'équation de projection sur l'axe du cylindre donne encore $p = p_1$.

37. — Un liquide est un système à l'état d'équilibre instable puisqu'il y a vaporisation dès que la pression extérieure diminue. On peut donc, pour les liquides, évaluer la pression. Les molécules de la surface sont en équilibre sous la pression h de la vapeur, la pression H du gaz qui surmonte le liquide, le poids de la molécule et les actions moléculaires isométriques de la pression s'exerçant au-dessous de la surface libre et on a pour cette pression :

$$p = mg + h + \mathrm{H}.$$

Formules de l'élasticité.

38. — Si, considérant un état d'équilibre d'un corps, on lui applique des forces extérieures, les forces mutuelles se modifient; il en est de même des pressions isométriques de celles-ci. Les modifications des forces mutuelles sont à proprement parler ce que l'on nomme les forces élastiques résultant de l'action des forces extérieures ajoutée; les modifications des pressions sont les forces élastiques de définition, que nous soumettons au calcul.

Certains auteurs pensent que l'élasticité parfaite n'existe pas; c'est-à-dire que si l'on supprime les forces extérieures qui ont

amené des modifications dans un corps, celui-ci ne revient jamais exactement à son premier état d'équilibre. Il paraît fort probable que cette opinion est vraie. Dès que l'on soumet du fer à une traction de 5 à 6 *kg* par millimètre carré, on peut mesurer une déformation permanente; bien plus, la répétition d'une charge et surtout la répétition de flexions alternatives en deux sens opposés créent des déformations permanentes qui finissent par amener la rupture. Dans l'application aux constructions, on pourra, par approximation, supposer les corps comme parfaitement élastiques en ayant soin de modifier les coefficients de résistance suivant les circonstances. Les curieuses expériences de Vöhler renseignent les ingénieurs à ce sujet.

Dans les questions qui sont du ressort de l'élasticité, on pourra supposer que l'on se tient toujours dans des limites pour lesquelles toute déformation permanente est négligeable. D'ailleurs, il est à remarquer que le coefficient d'élasticité, c'est-à-dire le quotient de la charge par l'allongement élastique, différence entre l'allongement total et l'allongement permanent, est une quantité très sensiblement constante, même pour des charges se rapprochant de la rupture.

39. — Considérons deux axes rectangulaires ox et oy sur une plaque élastique en un rectangle élémentaire ayant ses dimensions parallèles aux axes. On forme ainsi un parallélipipède extrêmement mince. Sur la face perpendiculaire à l'axe des x et la plus rapprochée de l'axe des y s'exerce une force élastique qui se décompose en n (parallèle à l'axe des x) et t (parallèle à l'axe des y), n et t sont rapportées à l'unité de surface. Sur la face perpendiculaire à l'axe des y et la plus rapprochée de l'axe des x, on a n_1 (parallèle à oy) et (t_1) parallèle à ox, rapportées à l'unité de surface. Si l'on prend les moments des forces élastiques s'exerçant sur les quatre faces par rapport au centre de figure du rectangle, on trouve $t = t_1$; de sorte que les forces dont nous venons de parler se réduisent à trois n, n_1, t.

Si l'on désigne par X_0, Y_0 les composantes des forces extérieures, les équations de projections donnent, comme on sait, pour exprimer l'équilibre du rectangle,

$$\text{(E)} \qquad \begin{aligned} \frac{dn}{dx} + \frac{dt}{dy} - X_0 &= 0, \\ \frac{dn_1}{dy} + \frac{dt}{dx} - Y_0 &= 0. \end{aligned}$$

40. — Il faut exprimer les trois forces n, n_1 et t au moyen des déformations. Considérons deux points x, y et $x + h$, $y + k$ à distance λ, venant respectivement en $x + u$, $y + v$ et $x + h + u'$, $y + h + v'$. On suppose que la déformation est assez petite pour que l'on puisse prendre pour augmentation $d\lambda$ de la distance des deux points la projection de $u' - u$, $v' - v$, sur la direction de λ. On a :

$$d\lambda = \frac{h}{\lambda}(u' - u) + \frac{k}{\lambda}(v' - v).$$

Or u et v sont des fonctions de x et y, et on a :

$$u' = u + \frac{du}{dx}h + \frac{du}{dy}k,$$

$$v' = v + \frac{dv}{dx}h + \frac{dv}{dy}k;$$

et par conséquent :

$$\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{du}{dx}\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \frac{dv}{dy}\left(\frac{k}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda}\right)\left(\frac{k}{\lambda}\right)\left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right).$$

La force élastique entre les deux points considérés, est proportionnelle à $\frac{d\lambda}{\lambda}$. Pour tous les points très voisins les $\frac{d(u,v)}{d(x,y)}$ sont considérés comme constants de sorte que toutes les forces élastiques pourront être considérées comme s'exprimant au moyen des mêmes $\frac{d(u,v)}{d(x,y)}$. Il en sera de même des n, n_1, t isométriques des forces élastiques, et on aura

$$n = A\frac{du}{dx} + B\frac{dv}{dy} + C\left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right),$$

$$n_1 = A_1\frac{du}{dx} + B_1\frac{dv}{dy} + C_1\left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right),$$

$$t = D\frac{du}{dx} + D_1\frac{dv}{dy} + D_2\left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right).$$

Si l'on remarque : 1° que l'axe des x et l'axe des y sont pris arbitrairement et que l'on peut changer l'un en l'autre, on voit que $B_1 = A$, $A_1 = B$, $C = C_1$, $D = D_1$; 2° que la déformation $u = ax$, $v = by$, qui est une extension ou une compression générale, suivant les signes de a et de b, répond à $t = o$, on trouve

$D_1 = o$; 3° que la déformation $u = cy$ répond à $n_1 = o$, on a $C = o$; on voit que l'on peut donner aux n, n_1, t les formes suivantes, où l'indice de D_2 est supprimé :

$$\text{(F)} \qquad \begin{aligned} n &= A\frac{du}{dx} + B\frac{dv}{dy}, \\ n_1 &= B\frac{du}{dx} + A\frac{dv}{dy}, \\ t &= D\left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right). \end{aligned}$$

A, B, D sont des coefficients qui dépendent de la nature du corps considéré en chaque point s'il n'est pas homogène. La détermination de ces coefficients est très délicate et les auteurs ne sont pas d'accord à ce sujet, même pour les solides isotropes. Quels qu'ils soient, il faut remarquer que les $\frac{d(u,v)}{d(x,y)}$ ne sont pas arbitraires. En effet, n, n_1, t doivent satisfaire aux équations de l'isométrie (F, § 39).

Résistance des matériaux.

41. — Considérons une pièce prismatique ayant un plan de symétrie et soumise à des forces situées dans ce plan ou symétriques par rapport à celui-ci. Si l'on considère dans le corps deux parties A et B séparées par une surface S, la partie A est en équilibre sous l'action des forces extérieures qui lui sont appliquées et des forces élastiques s'exerçant de la partie B sur les molécules de A avoisinant la surface S. On peut dire encore que les forces extérieures, appliquées à A, sont isométriques des forces élastiques exercées par A sur les molécules de B voisines de la section S.

On prend pour S un plan perpendiculaire aux arêtes du prisme et on rapporte le tout à un axe des x, parallèle à ces arêtes et passant par le centre de gravité de la section plane et à un axe des y, perpendiculaire à l'axe des x, contenu dans le plan de symétrie du prisme et des forces. Si on projette sur les deux axes les forces extérieures appliquées à A et si on prend les moments par rapport à un axe passant par le centre de gravité de la section perpendiculaire au plan de symétrie, on a les forces N, M, T, telles que

$$N = \Sigma F_x, \qquad M = \Sigma M_G F, \qquad T = \Sigma F_y.$$

Ces forces sont isométriques des forces extérieures appliquées à A et des forces élastiques appliquées à B aux molécules voisines du plan de séparation des deux parties du solide. La difficulté est de rattacher ces forces N, M, T aux déformations du solide.

42. — L'hypothèse admise par les Ingénieurs est que les déformations sont planes, c'est-à-dire que si, dans une pièce prismatique, on considère des molécules situées dans un plan, elles se trouvent dans un même plan quand le solide subit une déformation. Les forces élastiques de définition sont supposées être proportionnelles à l'aire de la base d'un cylindre droit sur la section considérée, perpendiculaire à l'axe des x, lieu des centres de gravité des sections droites du prisme. Ces forces élastiques sont, de plus, proportionnelles aux déplacements de cette base relativement à une section voisine du cylindre supposée fixe.

De ces définitions résultent les formules

$$(G) \qquad n = \frac{Mh}{2I} + \frac{N}{\Omega},$$

$$t = \frac{T}{\Omega};$$

où n désigne la force élastique normale à la section, t la force élastique tangentielle, h la hauteur de la section droite du prisme, I le moment d'inertie de cette section par rapport à un axe passant par le centre de gravité perpendiculairement au plan de symétrie, enfin, Ω désigne l'aire de la section.

Ces définitions et ces formules sont commodes par leur simplicité et bien propres à conduire à la détermination des dimensions des pièces de construction. Cette détermination n'est pas, en effet, pour le moment du moins, l'objet de l'étude mathématique de l'élasticité ; les coefficients qu'il convient d'employer conjointement avec ces formules doivent être donnés par l'observation des constructions et l'expérimentation qui s'y rapporte.

43. — Il y a intérêt cependant à constater que ces formules, aussi bien que les hypothèses sur lesquelles elles sont basées, s'écartent de celles de l'élasticité. Supposons une flexion simple, dans laquelle, d'après les hypothèses de la résistance des matériaux, une section tourne autour d'un axe perpendiculaire au plan de symétrie et passant par son centre de gravité, d'un angle ψ par rapport à une section voisine située à distance dx. Il n'y a pas lieu de considérer un déplacement relatif dv entre deux

molécules, les dimensions transversales étant supposées fixes. L'allongement du de x est donné par la formule

$$du = y \,.\, \psi \,.\, dx + \psi \,.\, dy,$$

l'angle ψ étant petit. On en déduit

$$\frac{du}{dx} = \psi y \qquad \text{et} \qquad \frac{du}{dy} = \psi.$$

En portant ces valeurs dans les formules F, § 40, on a

$$n = A\psi y,$$
$$n_1 = B\psi y,$$
$$t = D\psi.$$

Ces formules indiquent qu'il faudrait tenir compte d'une force normale aux fibres, force qui serait maximum avec y et que l'effort tranchant est uniforme sur l'étendue de la surface. Or, d'une part, la force normale aux fibres est nulle à la surface libre, au point même où elle devrait être maximum; la force tangentielle est également nulle à la surface libre et ne peut être égale à $D\psi$ comme cela devrait avoir lieu d'après ce qui a été démontré au § 39.

Les formules F, § 39, donnent, si l'on suppose qu'il n'y a pas de forces extérieures appliquées à la section considérée,

$$\frac{dn_1}{dy} = B\psi = 0,$$

car $\frac{dt}{dx} = 0$. Il y a là une contradiction parce que le coefficient B ne peut être nul.

44. — Généralement on renonce à l'hypothèse d'une répartition uniforme de l'effort tranchant, c'est-à-dire on renonce à supposer un déplacement en translation dans le plan de la section. On suppose que l'effort tangentiel latéral aux fibres est donné par la première des formules G, § 41, employée conjointement avec la première des équations E, § 39. Mais la première équation G se réduit à l'hypothèse de la flexion plane, ce qui diminue l'intérêt et l'utilité de cette correction.

Résumé.

45. — La séparation a été faite complètement entre les propriétés géométriques des lignes : projections, moments, isométrie

(2, 17, 18) et les propriétés mécaniques des forces. L'idée de l'équilibre n'a aucunement servi à la démonstration de propriétés purement géométriques. Il en est résulté des démonstrations très directes et très simples de certaines des propriétés des systèmes matériels les plus usuelles (9, 11, 20 à 25, 28 à 32). Cette préoccupation de bien distinguer la mesure a été utilisée à la définition de quantités mesurables pouvant remplacer les forces que l'on ne peut mesurer directement (19) : définition du poids d'un corps (26, 27), définition de la pression (33 à 35). De cette dernière définition, il est résulté une démonstration très directe du principe de Pascal. Cette étude est transmise par l'examen des principes et des formules fondamentaux de l'élasticité (38 à 40) et des principes et formules de la résistance des matériaux (41 à 44). Il a fallu reconnaître combien les difficultés sont grandes et combien on est loin d'avoir satisfait à l'isométrie dans ces formules. Ceci explique la tendance des géomètres à abandonner l'usage de la notion de force et à se servir de celle de l'énergie.

DE L'EXTENSION POSSIBLE

DES

DIFFÉRENTS BASSINS HOUILLERS

DE LA FRANCE

PAR

M. J. BERGERON

Les études entreprises sur les dépôts houillers par les géologues aussi bien que par les ingénieurs, notamment par notre confrère M. Fayol, ont établi d'une manière certaine les relations qui existent entre ces dépôts et les plissements de l'écorce terrestre. C'est toujours dans une dépression, due à un ridement du sol, que s'est déposée la houille quel que puisse être d'ailleurs son mode de formation. La connaissance de la direction de ces ridements offre donc aux ingénieurs un intérêt tout spécial puisqu'elle peut les guider dans leurs recherches.

On subissait encore, il y a une quinzaine d'années, l'influence des idées théoriques d'Élie de Beaumont et il était admis que les mouvements du sol, qui ont abouti à la formation des chaînes de montagnes, s'étaient produits suivant des directions rectilignes. Les systèmes de montagnes étaient constitués par l'ensemble de tous les reliefs ayant même direction. Mais le professeur Suess, de Vienne, dans une série de travaux (1) qui ont transformé les études géologiques, a posé la question des soulèvements d'une tout autre façon : pour lui et ses disciples un système de montagnes correspond à l'ensemble de tous les ridements qui se sont produits à la même époque; la notion de direction est tout à fait accessoire; celle de l'âge prime toutes les autres.

En ne tenant compte que de l'âge du soulèvement des montagnes, on peut les grouper en quatre chaînes dont trois seulement sont bien reconnaissables en Europe. La plus ancienne de ces dernières résulte du plissement des couches siluriennes avant

(1) Voir notamment l'ouvrage ayant pour titre : *Antlitz der Erde.*

le dépôt des assises dévoniennes. Ces couches siluriennes, ainsi redressées, ont formé rivage à la mer dévonienne qui les a attaquées ; il en est résulté une formation littorale détritique qui a reçu en Angleterre, à cause de sa couleur, le nom de *vieux grès rouge*. Celui-ci borde le premier relief et repose en discordance de stratification sur les couches déposées antérieurement. On a donné le nom de système *calédonien* à ce premier ridement parce qu'il a été reconnu pour la première fois en Écosse où il constitue actuellement les monts Grampians. Mais on a retrouvé d'autres chaînons datant de la même époque, c'est-à-dire présentant les mêmes discordances de stratification — ce qui, en géologie, précise l'âge d'un soulèvement —, en Irlande, dans le pays de Galles, puis en dehors de la Grande-Bretagne, en Scandinavie où les Alpes scandinaves forment un chaînon oriental, tandis que vers l'ouest, en Amérique, les Montagnes Vertes (Green Mountains) en représentent un chaînon occidental. Tout ce qui est encore visible (1) de ce système calédonien est cantonné dans le nord de l'Europe et de l'Amérique *(Fig. 1)*.

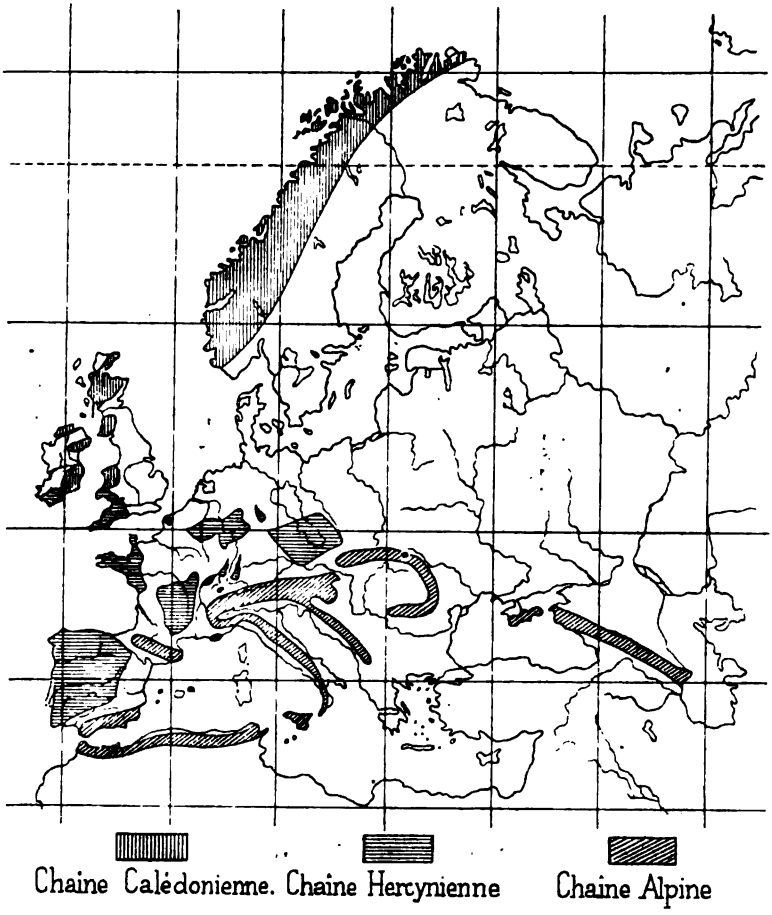
Puis, à la fin de la période primaire, il y eut un nouveau soulèvement ; il commença à se faire sentir au début du Carbonifèrien, et ne prit fin qu'au Permien. Il aboutit à la formation d'un système désigné par M. Suess sous le nom de chaîne *varisque* (de l'ancienne tribu des Varisques, habitants de la Saxe et de la Bavière), et qui a reçu de M. M. Bertrand le nom de chaîne *hercynienne* (de *Hercynia sylva* ou Hartz), parce qu'elle compte le Hartz parmi ses chaînons. Comme c'est sous ce dernier nom qu'elle est le plus connue en France, nous la désignerons ainsi. Les chaînons hercyniens visibles actuellement en Europe sont nombreux ; ils sont cantonnés au sud de la chaîne calédonienne et occupent surtout l'Europe centrale. Il suffira de se reporter à la figure 1 pour se rendre compte de leur répartition, et des massifs géographiques auxquels ils correspondent. En France, ils forment les massifs de l'Ardenne, des Vosges, de la Bretagne et du Cotentin, du Plateau central, des Maures et de l'Esterel. On en retrouve quelques lambeaux dans les Pyrénées et les Alpes, mais leur importance est minime à côté de celle des accidents qui se sont produits

(1) Sur la petite carte d'Europe de la figure 1, je n'ai représenté des chaînons dont l'ensemble constitue les différentes chaînes, que ce qui est *visible* en Europe et dans le Nord de l'Afrique. Mais ces chaînons se prolongent sous la mer et sous des sédiments qui se sont déposés postérieurement à leur soulèvement. Quand, dans une chaîne plus récente, existent des lambeaux d'une chaîne plus ancienne, comme c'est le cas pour les Pyrénées et les Alpes, je ne les ai pas figurés pour éviter de compliquer le dessin.

postérieurement dans ces mêmes régions. D'autres chaînons hercyniens sont connus en Amérique, dans les Alleghany notamment.

Le système hercynien joue un rôle considérable au point de vue industriel, puisque c'est dans ses chaînons que se rencontrent les principaux bassins houillers : ceux de la Saxe et de la Bo-

Fig. 1.



hême, de la Ruhr; le bassin franco-belge, les bassins anglais, ceux du Plateau central de la France, etc. L'étude de ces plis hercyniens pourra donc nous donner quelques notions sur l'extension possible des bassins houillers; aussi allons-nous y revenir tout à l'heure.

La troisième chaîne, dite chaîne *alpine*, a commencé à se soulever à la fin de la période éocène; à ce moment les Pyrénées, se sont élevées entre le Plateau central de la France et celui de l'Espagne ou Meseta. Puis, il y eut une série de plissements et d'effondrements pendant l'Oligocène; mais, c'est seulement à la fin des époques helvétienne et tortonienne que le grand ridement alpin s'est accusé avec un relief plus élevé, à coup sûr, que le relief actuel. Déjà, lors du soulèvement de la chaîne hercynienne, il s'était produit, dans la région des Pyrénées et des Alpes, des ridements dont les dépressions avaient été remplies par les bassins de la Rhune, etc., pour les premières, et ceux de la Mure, etc., pour les secondes. Mais ce sont surtout les plissements tertiaires qui ont donné à ces régions leur structure actuelle; aussi appartiennent-elles, en réalité, au système alpin. Celui-ci présente un grand nombre de chaînons qui dans leur ensemble, offrent une configuration assez irrégulière. En Europe, ils sont cantonnés tout autour de la Méditerranée, et passent en Asie, où ils constituent l'Himalaya, etc. Ce système comprend les régions montagneuses les plus élevées du monde entier. En allant de l'ouest à l'est, on y reconnaît, en Europe, les chaînons suivants : le Caucase, les Carpathes, les Alpes, les Apennins, les Pyrénées, la Cordillère bétique. La chaîne bordière de la Méditerranée, dans l'Afrique septentrionale, en fait également partie.

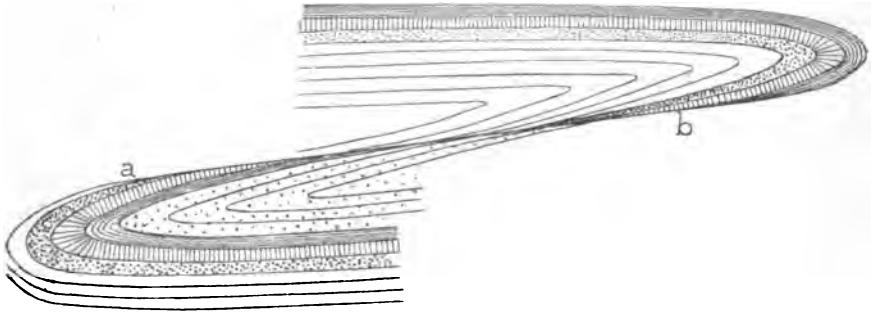
Tous ces chaînons, quel que soit leur âge, et, par suite, à quelque chaîne de montagnes qu'ils appartiennent, offrent toujours la même structure; ce sont alternativement des plis saillants et des plis creux formés par les mêmes couches; suivant les définitions adoptées en géologie, ce sont alternativement des *anticlinaux* et des *synclinaux*. Les reliefs de ces plis sont d'autant plus accusés que la chaîne à laquelle ils appartiennent est moins ancienne. C'est la conséquence immédiate de la durée des actions destructrices dues aux phénomènes atmosphériques. La chaîne alpine, par exemple, étant de formation moins ancienne que la chaîne hercynienne, aura été exposée moins longtemps aux phénomènes d'érosion ; par suite, ses reliefs seront plus accusés, et l'allure des couches, c'est-à-dire les plis, y sera plus facilement discernable. Je n'entrerai pas dans l'étude des différentes sortes de plis qui peuvent se produire dans une région montagneuse, mais je crois nécessaire, pour l'intelligence de ce que j'aurai à dire plus tard sur la structure du bassin franco-

belge, d'examiner quelques accidents qui se rencontrent dans la chaîne alpine et qui ont pu, vu la netteté des coupes, être facilement interprétés : je veux parler des dômes et des plis couchés.

Les anticlinaux ne présentent pas une ligne de crête située toujours à la même altitude ; elle est tantôt haute, tantôt basse. Il en est de même pour les synclinaux, dont la directrice de fond n'est pas toujours une horizontale. Parfois même, cette ligne correspond à une partie saillante, et il se produit un anticlinal au milieu du synclinal ; ces parties saillantes ont reçu le nom de *dômes*. De plus, à une direction de plis correspond toujours une direction sensiblement orthogonale d'autres plis.

Parfois les chaînes de montagnes ont subi, postérieurement à leur formation, des poussées telles qu'une partie des plis a été renversée sur le reste de la chaîne ; il se forme alors des *plis couchés*. De plus, dans certains cas, non seulement il y a eu renversement du pli, mais encore glissement de l'anticlinal sur le synclinal également couché *(fig. 2)*. Par suite de ce glissement, il y a eu étirement d'un des flancs de l'anticlinal. Il en résulte que le pli couché n'est pas complet ; il n'est plus composé que d'une partie de ses éléments constitutifs et le contact de la partie couchée avec les strates qui entrent dans la constitution du synclinal étant anormal, il semble qu'il y ait une faille suivant la ligne *ab (fig. 2)*. C'est ce que l'on appelle un *pli-faille*.

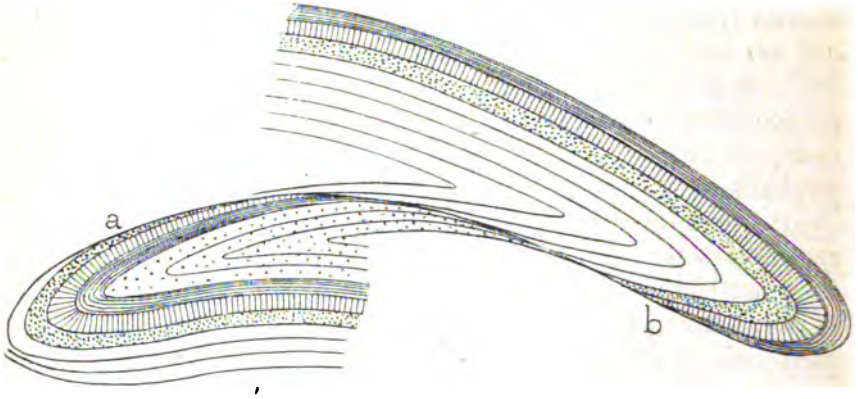
Fig. 2.



Si l'ensemble du pli couché et du synclinal sous-jacent subit un nouveau plissement, l'extrémité de l'anticlinal se trouve dans un synclinal de couches plus récentes *(fig. 3)*. Alors de tous côtés, sauf dans sa partie supérieure, la partie terminale de l'anticlinal couché présente des contacts anormaux ; si de plus, l'on suppose que des érosions ont enlevé toutes les assises supérieures de

telle sorte qu'il soit impossible de reconnaître l'allure d'un anti-

Fig. 3.



clinal couché, il semblera que l'on se trouve en présence d'un lambeau d'un pli couché, isolé par suite du jeu de failles nombreuses.

Revenons maintenant aux chaînons hercyniens de la France. Nous ne nous occuperons que de ceux de l'Ardenne, de la Bretagne, du Plateau Central et des Vosges, laissant de côté les chaînons des Maures et de l'Esterel, des Alpes et des Pyrénées parce qu'ils sont encore mal connus.

Si l'on se reporte à une carte géologique de la France, on voit que le massif de la Bretagne (1) est traversé par trois grandes bandes orientées sensiblement N.O.-S.E., qui sont des synclinaux, ainsi qu'il ressort de la disposition des terrains qui les bordent. Ces synclinaux sont occupés par des calcaires et des schistes à faune marine caractéristique des premières assises du terrain carbonifé-rien. Chacune de ces dépressions, ne correspond pas à un seul synclinal ; mais souvent elles sont occupées par plusieurs plis, ce qui nous indique que si les sédiments se sont déposés dans une grande dépression unique, il a pu se produire à une époque postérieure, une série de ridements, dont par suite d'érosions, une partie a pu disparaître. Quelle que soit, d'ailleurs, la constitution de ces bandes, elles correspondent d'une manière certaine à des dépressions occupées par des dépôts carbonifériens.

(1) Le massif de la Bretagne comprend, au point de vue géologique, outre l'Armorique, une partie du Cotentin ; dans cette dernière région on connaît les bassins houillers de Littry et de Plessis ; mais je ne m'en occuperai pas parce que les synclinaux dans lesquels ils se trouvent viennent aboutir à la mer et que, par suite, les indications qu'ils pourraient fournir relativement au prolongement de ces plis, ne sauraient être utilisés.

La bande septentrionale passe par la rade de Brest, Châteaulin, Vitré et Laval; elle dessine une courbe convexe vers le nord. Vers l'ouest, cette dépression est occupée par le Dévonien qui est bientôt recouvert par le Carbonifériens. C'est ce dernier terrain qui en occupe la plus grande surface. Ainsi que je le disais plus haut, dans cette dépression, on peut reconnaître plusieurs plis d'importance secondaire. Dans l'un d'entre eux, à Saint-Pierre-la-Cour, est exploité un petit bassin houiller appartenant à l'étage stéphanien (1).

La seconde dépression, jalonnée par des dépôts dévoniens et carbonifériens, passe par Plogoff, Quimper, Plouay, Ancenis; elle est située au sud de la précédente et forme un arc dont la convexité, d'ailleurs très peu accusée, est encore tournée vers le nord. Dans ce pli, les bassins houillers sont plus abondants. C'est d'abord celui de Plogoff, celui de Quimper et un peu au nord de ce dernier celui de Kergogne, tous trois d'âge stéphanien.

Le troisième pli, le plus méridional, correspond au synclinal occupé par les bassins houillers de la Vendée. Il part des environs de Guérande, passe par le lac de Grand-Lieu, Chantonnay et Saint-Maixent. Les dépôts carbonifériens y sont rares; ce sont les bassins houillers de Saint-Laurs, de Faymoreau, de Vauvant et de Chantonnay. Le premier serait de l'étage du Culm; les autres du Westphalien. Quant au bassin de Chantonnay, il est recouvert par le Jurassique qui jalonne ce pli jusqu'à Saint-Maixent.

Les caractères communs à tous ces plis sont les suivants : ils s'infléchissent du N.O. vers le S.E. et sont jalonnés par des lambeaux houillers.

Si nous passons dans le massif du Plateau central, nous pouvons encore y reconnaître une série de plis, mais leur direction est bien plus difficile à suivre qu'en Bretagne. Ce sont des lambeaux isolés les uns des autres et non plus des bandes continues comme en Bretagne. Les dépôts auxquels on les reconnaît sont tantôt des calcaires et des schistes dinantiens, tantôt des tufs orthophyriques (projections volcaniques ayant accompagné la venue des orthophyres), tantôt enfin ces deux sortes de roches associées entre elles. Dans bien des cas, ce sont les dépôts houillers seuls ou surmontés des assises permiennes qui jalonnent ces lambeaux de plis.

(1) Le terrain carbonifériens se divise en trois étages : à la base, le Dinantien, dans le cas où le faciès est marin ou le Culm quand il est terrestre, puis le Westphalien, enfin le Stéphanien à la partie supérieure. Ces deux derniers étages ne sont connus dans l'Europe occidentale que sous le faciès terrestre.

On peut distinguer dans ces plis du Plateau central trois groupes *(Pl. 169)* : le groupe occidental qui comprend tous les lambeaux carbonifériens situés à l'ouest d'un grand accident qui traverse obliquement (suivant la ligne AB) cette région naturelle de la France ; un groupe médian correspondant aux lambeaux jalonnant cet accident ou situés à l'est de ce même accident ; enfin, un groupe oriental facilement reconnaissable à ce qu'il est cantonné sur le bord oriental du Plateau central.

Groupe occidental. — La bande la plus septentrionale est constituée par les lambeaux d'Ajain, Damerol, Chambon, Chat-Cros, près Saint-Julien, la Genète (Creuse), Bregeroux, près Château-sur-Cher. On ne reconnaît aucune trace de dépôt houiller dans ce synclinal : ce sont des calcaires et schistes dinantiens associés à des tufs.

Vient ensuite le bassin houiller d'Ahun orienté N.N.O.-S.S.E. Il semble bien correspondre à un synclinal situé au milieu de terrains cristallins. C'est sans doute au même pli qu'il faut rattacher les lambeaux de tufs situés au N.O. de ce bassin.

Ces deux synclinaux de Chambon et d'Ahun paraissent converger vers le N.O. ; les documents manquent pour établir d'une façon certaine leur allure ; mais s'il en était ainsi ils se relieraient à un seul des plis du massif breton.

Les petits bassins houillers situés à l'ouest d'Aubusson et dans les environs de Bourganeuf paraissent faire partie d'un même synclinal qui s'infléchirait brusquement vers l'ouest, mais, comme il y a doute, étant donné le peu de documents que l'on possède sur eux, s'ils appartiennent bien au même synclinal ou à deux synclinaux distincts, je me suis contenté d'indiquer sur la carte la position de ces bassins sans préciser davantage le ou les plis dont ils dépendent.

C'est à un synclinal orienté N.O.-S.E. qu'appartient certainement le bassin houiller de Brive. Le bassin de Terrasson ou de Cublac qui lui fait pendant sur le bord sud d'une grande bande permienne qui les sépare, appartient soit au même synclinal que celui de Brive, la partie axiale de ce synclinal étant cachée sous le permien, soit à un second pli parallèle au premier. C'est là une disposition qui se rencontre dans plusieurs régions du Plateau central ainsi que nous le verrons plus loin ; mais dans aucun cas on n'a pu encore trancher la question du pli unique ou des deux plis.

Le petit bassin d'Argentat au S.E. de Tulle, appartiendrait, d'après l'allure des couches cristallophylliennes qui l'entourent (1), à un synclinal juxtaposé à celui de Brive. Il y a donc dans cette région un faisceau de plis orientés N.O.-S.E.

C'est à l'un de ces plis qu'il faut rapporter le petit bassin houiller de Saint-Perdoux; peut-être fait-il suite au pli comprenant le bassin de Brive. En tout cas, le pli qui le renferme est limité vers l'est par le grand accident dont j'ai déjà parlé, et qui, dans la région de Figeac au S.E. de Saint-Perdoux, consiste en une faille.

Tous ces plis du groupe occidental, plus ou moins nettement dessinés par les sédiments qui les remplissent, sont encore orientés suivant une direction N.O.-S.E., comme ceux de la Bretagne; aussi la notion que les plis des deux régions se font suite, malgré l'interruption apparente due à la présence des sédiments secondaires qui les recouvrent dans le détroit du Poitou, s'est-elle imposée à l'esprit depuis longtemps.

Cette notion a une très grande importance théorique, mais au point de vue pratique, s'il s'agit de rechercher où placer un sondage pour retrouver des plis carbonifériens cachés, elle comporte une telle incertitude sur l'emplacement de ces synclinaux, qu'elle semble perdre singulièrement de sa valeur.

Heureusement, l'étude de l'allure des couches plus récentes superposées aux assises anciennes permet de prévoir l'allure de ces dernières. En effet, des travaux entrepris pour la première fois par Godwin Austin en Angleterre, puis par MM. Hébert, Marcel Bertrand et G. Dollfus en France, il ressort que les mouvements du sol se reproduisent très sensiblement aux mêmes places à des époques successives. La mer a pu envahir toute une région et même recouvrir de sédiments des points précédemment émergés; mais lorsqu'il y a eu de nouveaux mouvements du sol, ceux-ci se sont produits là où d'autres s'étaient produits aux époques précédentes et les sédiments qui s'étaient déposés horizontalement vont à leur tour être redressés. Bien entendu, lorsque les soulèvements ont abouti à la formation de chaînes de montagnes, cette loi subit des modifications.

Il résulte du fait précédent que, si dans une région il est possible de reconnaître à la surface du sol des plissements ou plutôt des ondulations postérieures au dépôt des couches plus

(1) Mourçt, *Bassin houiller et permien de Brive*. Carte géologique.

récentes que le Carbonifériens, par cela même on aura des indices sur la direction des plis carbonifériens sous-jacents. La façon dont on procède pour se rendre compte de ces ondulations du sol, qu'il ne faut pas confondre avec le relief qui est en relation seulement avec les phénomènes d'érosion, a été exposée à plusieurs reprises par MM. Bertrand (1) et G. Dollfus (2), et je crois inutile d'y revenir. La première application en a été faite à la recherche du prolongement vers le N.O. du synclinal houiller du nord, ainsi que nous le verrons plus loin. Mais en suivant la même méthode on arriverait à voir quelle est la direction, sous les dépôts secondaires, des plis que nous avons reconnus dans le massif de la Bretagne.

C'est ainsi que M. M. Bertrand (3) a reconnu que, dans la région du Maine, les plis qui ont affecté les dépôts secondaires, et qui font suite ou plutôt correspondent aux plis anciens ne présentent plus la direction N.O.-S.E. signalée dans le massif breton ; il doit en être de même pour les plis anciens sous-jacents qui se détournent vers l'est et même vers le N.E., pour s'infléchir de nouveau vers le S.E. D'ailleurs dans cette région du Maine, les plis n'ont pas tous la même direction ; et les axes des plis décrivent des sinuosités qui font osciller leur direction de plus de 45° autour de leur valeur moyenne (4) ; au nord, les plis sont dirigés d'une manière générale vers l'est ; ceux du sud vers le N.E. Cette observation a été confirmée par les travaux de M. J. Welsch (5) qui a donné une carte des plis qui affectent les couches secondaires dans le détroit poitevin. Il a pu établir qu'il y a un synclinal jurassique faisant suite au synclinal ancien de la Vendée et passant par Saint-Maixent, la Mothe-Saint-Héraye Vanzay et Civray. De même, le synclinal de Plogoff-Ancenis se prolongerait en un synclinal jurassique passant au sud de Loudun, puis prenant une direction O.E. il finirait par se redresser vers le N.E., et passerait par Dange et Saint-Hippolyte.

Les variations dans la direction des plis du Maine signalées par M. M. Bertrand, se reconnaîtraient dans les synclinaux passant au nord de Poitiers, tandis que ceux situés au sud de cette dernière ville conserveraient leur direction N.O.-S.E. Malheureu-

(1) *Bull. Soc. Géol.*, 3e S., t. XX, p. 118.
(2) *Bull. Service Carte Géol. de France*, t. II, p. 116.
(3) *Op. cit.*, p. 138.
(4) *Op. cit.*, p. 139.
(5) *Bull. Soc. Géol. Fr.* 3e S. t. XX, p. 440.

sement, les données fournies par l'allure des couches anciennes sur le bord occidental du Plateau central ne suffisent pas pour établir la continuité des plis. Peut-être le pli de Chambon se relie-t-il à celui d'Ancenis, et celui de Brive au pli de la Vendée? La chose est bien probable, mais elle n'est pas certaine. Dans ces conditions il serait possible que sous les dépôts secondaires, qui masquent les plis anciens, il y eût des synclinaux occupés par des dépôts houillers.

Avant de quitter le détroit du Poitou j'y signalerai, d'après M. J. Welsch (1) la présence de trois plis orthogonaux, par rapport à ceux qu'il a reconnus dans les assises jurassiques; deux sont des synclinaux : l'un passant par les localités de Couhé, Poitiers, Jaulnay et l'autre par Civray, Sommières, Gencay et Leugny. Aucun affleurement des dépôts anciens occupant ces plis, n'étant connu, on ne sait si ces derniers renferment des couches de houille.

Groupe médian. — Revenons maintenant à ce grand accident qui coupe obliquement (suivant la ligne AB) tout le Plateau central. Nous voyons que les plis situés à l'est n'ont plus la direction N.O. et S.E., mais sont orientés différemment : les uns sont presque E.O., les autres N.E.-S.O. Il y a donc un changement d'allure dans les plis à partir de cet accident et il semble bien que celui-ci corresponde à la direction suivant laquelle se sont coudés les plis carbonifériens. Ce serait alors suivant cette ligne que les efforts orogéniques auraient produit leur maximum d'effet; de là la faille qui traverse le Plateau central : elle a dû se produire, comme les plis qui en sont la cause, à l'époque carbonifférienne, car elle est jalonnée par une série de bassins houillers. Peut-être cet accident ne correspondait-il pas primitivement à une cassure et était-il une simple dépression orthogonale (2) par rapport aux plis du Plateau central. En tous cas il y a une faille visible dans presque tous les bassins houillers; elle se retrouve également dans la région comprise entre Decazeville et Cordes au N.E. d'Albi. Que ce soit un pli ou un effondrement suivant une grande bande, cet accident n'en exista pas moins à l'époque carbonifférienne. Actuellement on y rencontre en allant du nord au sud les bassins suivants : Noyant, le Montet, Mont-Marault, Saint-Gervais, Pontaumur, Bort, Mauriac et Pleaux. Mais encore plus au sud, ce sont des

(1) *Op. cit.*, p. 444.
(2) M. Bertrand, *Revue générale des sciences 1894*, p. 671.

lambeaux de grès houillers à Saint-Christophe au S.E. de Pleaux, dans les environs ouest de la Capelle-Viescamp, de Pers, etc. Ces bassins ou lambeaux isolés devaient être reliés autrefois les uns aux autres; ils datent tous de la fin du carbonifèrien, c'est-à-dire du Stéphanien.

A l'ouest des bassins du Montet et de Montmarault, se rencontrent les bassins de Commentry et de Montvicq qui correspondent encore à un synclinal orienté primitivement N.E.-S.O., mais qui a subi des torsions ainsi que l'a démontré M. Delaunay (1). Il est très sensiblement aligné parallèlement au grand accident dont je viens de parler et il est probable qu'il s'est formé en même temps que lui; c'est pourquoi je le rattache au groupe médian.

Il en est de même pour les bassins houillers de Maulne et d'Estivarielle situés sur la rive droite du Cher et alignés suivant une direction à peu près N.S. Au voisinage de ces dépôts, les terrains cristallophylliens sont affectés de plis orientés N.E.-S.O. Peut-être ces bassins correspondent-ils à un effondrement N.S. qui se serait produit dans la région de Montluçon, lors de la formation du grand chenal Noyant-Pleaux. Cette dépression s'est peut-être prolongée plus au nord, sous les assises jurassiques du bassin de Paris; il a pu en être de même pour les plis de Commentry-Montvicq et pour celui de Noyant-Pleaux, mais il est impossible de se prononcer à cet égard, cette partie du Plateau central étant affectée de nombreuses failles et présentant de très grandes difficultés d'interprétation.

Si nous suivons ce grand chenal Noyant-Pleaux, au sud de cette dernière localité, nous ne trouvons plus dans le voisinage de la faille qui réapparaît au niveau de Figeac, que le bassin de Saint-Perdoux, déjà signalé et situé vers l'ouest; puis, plus au sud, toujours à l'ouest de cette faille, apparaît, au niveau de Najac, un lambeau de terrain houiller constitué par des schistes et des grès à empreintes végétales caractéristiques du Stéphanien. Ce lambeau semble bien correspondre à une dépression orientée N.O.-S.E. mais il disparaît rapidement vers le N.O., sous le Permien et le Jurassique; d'autre part, il est limité, vers l'est, par la grande faille qui ramène les terrains cristallins à une altitude supérieure à celle du houiller ; mais il est certain que le synclinal de Najac, avec son remplissage houiller, devait se continuer vers l'est, au milieu des assises cristallines tout comme il se continue vers l'ouest sous des assises plus récentes.

(1) *Bull. Soc. Géol., Fr.* 3e S., t. XVI. p. 1045.

A l'est de ce grand accident Noyant-Pleaux, se retrouvent, comme je l'ai dit plus haut, des plis dont l'orientation est différente de celle des plis du groupe occidental.

Le pli le plus septentrional de ceux du groupe médian est jalonné par des lambeaux carbonifériens constitués surtout par des tufs orthophyriques. Il comprend les lambeaux suivants : l'un situé au nord de Manzat, un second au S.-O. de Gannat, enfin, un troisième à Cusset, près Vichy. Tous, d'ailleurs, sont orientés sensiblement S.O.-N.E. Mais au sud de l'affleurement de Cusset, on retrouve une série de petits lambeaux carbonifériens qui jalonnent la lèvre ouest d'une grande faille qui traverse obliquement le Forez et qui a reçu le nom de faille du Forez (ligne CD de la carte *(Pl. 169)*. Ils descendent vers le S.E. tout le long de cette cassure et arrivent ainsi au niveau d'un grand pli orienté N.N.E. occupé encore par le Carboniférien et passant au sud de Roanne. Leur disposition le long de cette grande faille semble correspondre à un étirement, comme si le pli de Manzat-Cusset et celui situé au sud de Roanne, n'en avaient formé qu'un seul et comme si, par suite d'une dislocation, la partie occidentale s'était déplacée en remontant vers le nord. Nous reviendrons tout à l'heure à ce pli situé au sud de Roanne.

Encore à l'est du grand chenal Noyant-Pleaux, on retrouve des bassins houillers dont les relations avec les plis du Plateau central sont peu nettes; ces bassins de Brassac, de Brioude et de Langeac, disposés suivant une direction sensiblement N.S. ont, pris individuellement, des directions différentes; peut-être sont-ils des vestiges de dépôts houillers ayant occupé le fond du bassin de la Limagne. Celui-ci, en effet, ainsi que la basse vallée de la Loire, serait un synclinal orthogonal (1) d'âge carboniférien renfermant des sédiments houillers. Quoi qu'il en soit à cet égard, il est certain qu'à l'époque tongrienne ces deux bassins se sont effondrés suivant plusieurs failles représentées schématiquement par les lignes EF et GH de la carte *(Pl. 169)*. Les dépressions ainsi produites ont été remplies de sédiments tertiaires qui ont été enlevés par érosion en quelques points, tels que Brassac, Brioude et Langeac. Les traces de pétrole qu'on rencontre dans la Limagne seraient dues, pour certains auteurs, à la distillation, au contact des roches éruptives tertiaires, des couches de houille situées en profondeur dans les anciens plis carbonifériens. Les

(1) **M. Bertrand.** *Loc. cit.*

sondages entrepris dans la Limagne ne semblent pas confirmer cette hypothèse.

En suivant le bord oriental du chenal Noyant-Pleaux, on arrive au bassin houiller de Decazeville. Il est limité de tous côtés par des failles et il est assez difficile de reconnaître l'allure du pli auquel il appartient. Cependant, il se prolonge très vraisemblablement vers l'est. En effet, si on examine la bordure de la bande de terrain jurassique qui s'étend de Capdenac jusqu'aux Causses de l'Aveyron, on voit que de nombreux lambeaux houillers apparaissent entre le Jurassique et les assises cristallines. Ceux du bord septentrional sont groupés autour de Saint-Geniez et le long de la vallée du Lot, aussi les désigne-t-on sous le nom de bassins de Saint-Geniez ou encore de la vallée du Lot. Ils sont délimités vers le sud par des failles qui mettent en contact le Houiller avec le Permien ou les différents termes du Jurassique inférieur et moyen. Les lambeaux du bord méridional ont été l'objet de recherches ou même d'exploitation à Bennac, Gages, Bertholène, le Méjanel. La plupart s'appuient sur le massif cristallophyllien des Palanges; on les désigne souvent sous le nom de bassins des Palanges; ils sont délimités vers le nord de la même manière que les précédents l'étaient vers le sud, c'est-à-dire par des failles. Ces lambeaux, de quelque côté qu'ils se trouvent par rapport à la bande jurassique, ont tous une allure telle qu'il est certain qu'ils correspondent aux bords de bassins plus étendus que ceux qui apparaissent actuellement au jour: les couches houillères doivent donc se prolonger des deux côtés vers l'axe de cette bande. On ne peut en conclure cependant qu'en profondeur il existe un bassin unique ayant toute la largeur comprise entre les lambeaux houillers et ayant la même puissance que le bassin de Decazeville, auquel il pourrait faire suite. Peut-être y a-t-il en cette région deux séries de bassins parallèles, comme nous l'avons déjà dit pour les bassins de Brive-Terrasson.

Étant donné le fait qu'à l'est du chenal de Noyant-Pleaux, la direction des plis s'infléchit vers le N.E., il est possible que le bassin de Decazeville avec son prolongement probable vers l'est ne soit lui-même que le prolongement du pli Terrasson-Brive dans une partie de son parcours où il passe par une direction presque E.O., avant de se redresser vers le N.E.

En suivant le grand chenal, on retrouve, vers l'est, le bassin de Carmaux, situé dans la vallée du Cérou qui est orientée N.O.-S.E. Les dépôts houillers affleurent vers le S.E. et disparaissent vers

le N.O. sous le Permien et le Tertiaire pour reparaître, suivant cette même direction, à la Guépie. Il y a donc là une série de dépôts correspondants à un pli synclinal orienté N.O.-S.E., c'est-à-dire présentant la même direction que ceux déjà signalés dans le groupe occidental du Plateau central; mais il est situé à l'est du chenal et son prolongement n'est pas connu au delà de la lèvre occidentale de la grande faille.

Encore plus au sud, c'est le petit bassin houiller de Réalmont; il est découpé par de nombreuses failles, et il est impossible de reconnaître l'allure du synclinal auquel il appartient. Cependant les assises cambriennes qui l'entourent étant orientées d'une manière générale N.E.-S.O. il est bien vraisemblable que telle est aussi sa direction. Dans la région même de Réalmont, de nombreuses failles font reparaître plusieurs fois le contact du Cambrien plus ou moins métamorphisé avec le Houiller et le Permien. Vers l'ouest, sous le Tertiaire apparaissent des affleurements de Cambrien; peut-être plus à l'ouest encore trouverait-on le Carboniférien.

A l'est de Requista, sur les bords de la vallée du Tarn, il y a quelques lambeaux houillers assez disloqués, qui disparaissent vers l'est sous le Permien et le Jurassique; il ne m'a pas été possible de reconnaître à quel pli ils appartiennent. Sont-ils dans le prolongement du pli de Carmaux ou de celui de Réalmont? A coup sûr ils disparaissent vers l'est sous des sédiments plus récents.

Le bassin de Graissessac n'occupe pas un synclinal, mais une dépression située entre deux massifs anciens ou dômes : l'un correspond au massif gneissique de la Montagne-Noire, l'autre à une vaste venue de microgranulite qui constitue le Mendic. Cette dépression a été remplie de la même manière que les autres bassins houillers du Plateau central, par des matériaux détritiques entraînés des montagnes environnantes. Elle a une direction E.O. et elle disparaît sous le Permien vers l'est. D'après d'anciens sondages entrepris dans la région orientale du bassin, les assises permiennes y auraient une épaisseur considérable et le houiller n'aurait pas été atteint par un sondage de plus de 700 *m*. Peut-être ce bassin, qui n'est pas situé dans un pli, a-t-il une allure moins régulière que les autres et vient-il rejoindre vers l'est un synclinal orienté N.E.-S.O. qui passerait par le Vigan où affleurent des dépôts houillers; dans ce cas, il faudrait en rechercher le prolongement vers le N.E. et non vers l'est, comme on avait

fait jusqu'ici, sous les assises secondaires qui forment une couverture très épaisse au sud du Vigan.

Sur le bord méridional de la Montagne-Noire, se voit le bassin houiller de Neffiez qui, d'après l'allure des couches qui affleurent, occupe un synclinal orienté, comme tous les plis de ce massif montagneux, suivant la direction N.E.-S.O. Toute la partie méridionale de ce bassin disparaît sous le Permien et la série jurassique. Mais il semble bien que ce pli se prolonge vers le N.E. et rejoigne celui du bassin houiller du Gard (1). En effet, les études que j'ai faites dans la Montagne-Noire m'ont démontré la continuité des plis des terrains anciens de cette région et de ceux des Cévennes. S'il en est ainsi, les dépôts houillers qui disparaissent à Neffiez vers le N.E. sous une très grande épaisseur d'assises plus récentes reparaîtraient dans le Gard à 70 *km* plus au N.E.

En se reportant à la carte géologique de la France, on voit que tous ces plis des Cévennes se redressent vers le nord dans toute la partie S.E. du Plateau central. C'est ainsi que le synclinal Neffiez-Alais remonte vers le nord du côté de Privas ainsi que l'indique l'allure des assises secondaires le long du bord du massif ancien.

Le bassin de Prades, limité au nord et au sud par deux failles orientées N.E.-S.O. correspond peut-être au prolongement d'un des plis du groupe oriental ou du groupe médian ; mais il est impossible, dans l'état actuel de nos connaissances sur l'allure des couches dans toute la région des Causses de trancher la question.

Groupe oriental. — En remontant le long du bord oriental du Plateau Central, nous retrouvons plusieurs plis occupés par des bassins houillers bien connus. Ils constituent le groupe oriental.

C'est d'abord le bassin de Saint-Étienne, le plus important de tous ceux du Plateau central. Mais il y a, groupés autour du synclinal de Saint-Étienne, plusieurs autres synclinaux reconnus par M. Termier (2) et qui ont une tendance très marquée à converger vers le N.E. en s'infléchissant vers le nord. Je n'ai marqué sur

(1) Le bassin du Gard ou d'Alais se divise actuellement en deux branches : celle de la Grand'Combe à l'ouest, et celle de Bessèges à l'est ; elles sont séparées l'une de l'autre par le massif de terrains anciens du Rouvergue. Mais ce massif, ainsi qu'il résulte de travaux de M. Grand Eury, s'est soulevé postérieurement au dépôt des premières couches houillères du bassin. Primitivement il n'y avait qu'un synclinal, celui dont il est question ici, et le soulèvement du Rouvergue est contemporain de la formation du bassin. De pareils mouvements du sol, parfois accompagnés de fractures, ont été observés dans un grand nombre d'autres bassins.

(2) *Bull. Service Carte Géol. Fr.*, t. I, p. 1.

la carte que les deux synclinaux où l'on a rencontré des dépôts houillers. Le pli occupé par le bassin houiller de Saint-Étienne se prolonge sur la rive gauche du Rhône où il affleure au sud de Ternay et de Communay; c'est sans doute au même pli qu'appartiennent les couches de houille reconnues en profondeur à l'est de Communay et Chaponnay. Mais les affleurements sur cette rive gauche sont peu nombreux, les couches disparaissant sous les dépôts tertiaires et pléistocènes ou quaternaires, de sorte qu'il est très difficile de suivre sur cette rive les plis signalés par M. Termier sur la rive droite. Cependant, d'après ce dernier auteur, les lambeaux houillers de Chonas, La Poipe, les Guillemottes et Serpaize appartiendraient à un deuxième synclinal (celui qui passe par Vienne sur la carte) qui aurait été retrouvé par un sondage entre Saint-Pierre-de-Chandieu et Toussieu. Le gisement de Chamagnieu appartiendrait soit au deuxième synclinal, très élargi, soit à un troisième synclinal qui passe par Sarras et dans lequel on n'avait pas encore signalé la présence de la houille.

Tous ces plis se prolongent vers l'est; mais il est impossible de savoir ce qu'ils deviennent sous les sédiments plus récents de la vallée du Rhône, notamment s'ils se prolongent dans la région méridionale du Jura.

Le bassin de Sainte-Foy l'Argentière qui est situé plus au nord, occupe encore un synclinal, ainsi qu'il résulte de la disposition des couches environnantes; mais il semble que ce pli se redresse vers le nord avant de disparaître sous les terrains secondaires et tertiaires de la vallée de la Saône. Les nombreuses failles qui bordent de ce côté le Plateau central, ont dû amener de nombreuses modifications dans l'allure de ce pli, et s'il se prolonge vers le N.E., il est vraisemblable que les dépôts houillers s'y rencontrent à l'état de lambeaux.

Au niveau de Mâcon se voient des affleurements de tufs orthophyriques qui correspondent à l'extrémité orientale du synclinal dont j'ai déjà signalé la présence au sud de Roanne. Ce synclinal est formé par un ensemble de plis dont la direction, au sud de cette dernière ville, est N.E.; puis, à partir de Tarare, ils se redressent vers le nord et prennent une direction N.N.E., sensiblement parallèle à celle de la vallée de la Saône. Ce synclinal renferme surtout des assises dinantiennes et principalement des tufs orthophyriques. Par ci par là, reposent sur les tufs de petits lambeaux houillers (1) qui semblent être alignés suivant une direc-

(1) *Carte géologique au 1/80000.* Feuille de Roanne.

tion transversale à la direction générale du pli, ce qui est d'ailleurs, le cas pour les failles qui découpent en lambeaux les assises dinantiennes. Le jeu de toutes ces cassures a dévié le pli principal de sa position primitive et l'a redressé vers le nord. Il disparaît au milieu des lambeaux jurassiques qui bordent le Plateau central dans la vallée de la Saône.

Il est à remarquer que les plis situés au sud du bassin de Saint-Étienne se redressent vers le nord et paraissent converger (1) vers le prolongement de ce même bassin qui, dans la partie que nous connaissons, est orienté N.E.-S.O. Il semble donc que tous ces plis se réunissent et passent par une dépression qui aurait été située entre la région du Jura et celle des Alpes. Au nord de ce bassin de Saint-Étienne, ainsi que nous venons de le voir, les plis de Sainte-Foy l'Argentière et de Roanne ont subi une déviation qui les a amenés à être parallèles à la chaîne méridionale du Jura. Cette déviation date de l'époque de la formation du Jura ou du soulèvement des Alpes, c'est-à-dire du Miocène, et elle s'est produite sous des efforts assez puissants pour plisser même la région médiane du Plateau Central. Dans ces conditions, les dépôts houillers, s'il s'en trouve sous les sédiments plus récents qui occupent la vallée de la Saône ou dans cette dépression entre le Jura et les Alpes, doivent être très disloqués, très morcelés.

Les bassins houillers du Creusot et de Blanzy sont situés au nord et au sud d'une grande bande permienne ayant une direction N.E.-S.O. et de chaque côté de laquelle il y a encore d'autres bassins de bien moindre importance. On a souvent considéré cette bande comme formée par un synclinal dont la partie axiale, occupée par le Permien, se serait effondrée, tandis que les bords seraient ceux de la cuvette houillère que les érosions auraient mis à nu. Mais, pour M. Delafond (2), il faudrait interpréter les faits autrement. Il y aurait eu deux synclinaux, l'un au nord l'autre au sud, et une partie de chacun de ces synclinaux aurait été entraînée en profondeur lors de l'effondrement de la partie médiane. Quoi qu'il en soit, nous pouvons considérer cette bande comme correspondant à un synclinal qui se prolonge vers l'ouest et comprend le bassin de Bert. Mais on perd sa trace plus à l'ouest, à partir de la faille du Forez dont j'ai déjà parlé. Son prolongement vers le N.E. est tout indiqué ; il va rejoindre les bassins houillers des Vosges situés au sud de la ligne des ballons. Il est, d'ailleurs,

(1) Deperet, *Annales de Géographie*, t. IV, p. 432.
(2) *Bull. Service Carte Géol. Fr.*, t. II, p. 57.

jalonné par le petit massif paléozoïque de la Serre situé entre la Saône et le Doubs. En 1873, au nord de ce pointement de terrains anciens, un sondage a rencontré les terrains cristallins à une profondeur de 122 *m* après avoir traversé le Trias et le Permien; mais, comme le fait remarquer M. Trautmann (1), ce sondage avait été placé beaucoup trop près de l'axe du pointement qui, en réalité, est un anticlinal, et la cuvette houillère devrait se trouver plus au nord. Les bassins des Vosges appartenant à ce pli sont ceux de Ronchamp et de Roppe, dont les assises plongent vers le massif de la Serre et disparaissent sous le Jurassique.

Plus au nord, sur cette bordure orientale du Plateau central, se voient les bassins d'Igornay et d'Épinac, présentant une disposition analogue à celle des bassins du Creusot et de Blanzy. Nous considérerons ces bassins comme appartenant à une même dépression dite d'Autun qui serait parallèle à celle que nous venons d'étudier et qui aboutirait, vers l'est, en passant sous des dépôts secondaires, aux petits bassins de Villé et de Saint-Hippolyte, entre le Champ-du-Feu et les montagnes de Sainte-Marie-aux Mines, dans les Vosges. Vers le S.-O., le prolongement de ce pli se perd au milieu d'une série de failles d'âge tertiaire qui correspondent au bord oriental de la grande dépression de la vallée de la Loire.

Le bassin houiller de Decize forme un lambeau isolé en dehors du Plateau central; il apparaît au milieu du Jurassique et on l'a considéré comme la suite occidentale du pli d'Autun (2); mais il aurait été rejeté vers le nord, le long d'une faille, à la suite des mouvements du sol datant de l'époque tertiaire. Il résulte d'études récentes de M. De Launay (3), que ce bassin qui occupe un synclinal orienté sensiblement E.O., s'infléchirait vers le S.O. et viendrait rejoindre soit le chenal Noyant-Pleaux, soit le pli de Commentry-Montvicq. Dans ces conditions, il faudrait admettre que toute la partie du Plateau central située à l'ouest de la faille du Forez a subi également un déplacement vers le nord, et on pourrait supposer que le chenal Noyant-Pleaux était en relation avec le pli du Creusot-Blanzy par l'intermédiaire du bassin de Bert. A l'appui de cette opinion, viendrait le fait que j'ai signalé

(1) *Bassin houiller de Ronchamp* p. 113.

(2) Munier-Chalmas. Communication verbale.

(3) *Le massif de Saint-Saulge et ses relations avec le terrain houiller de Decize. — Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. VII, p. 183.

de l'étirement de la bande carbonifèrienne de Mànzat-Cusset, le long de la faille du Forez.

Dans ces conditions, les grandes dépressions que nous avons signalées dans le Plateau central comme étant des plis orthogonaux n'en seraient pas, et seraient simplement la suite des plis du groupe oriental; dès lors, il n'y aurait pas lieu de rechercher leur prolongement en dehors du massif central. Étant donnée l'allure simple des plis dans la plupart des chaînons hercyniens, je crois peu vraisemblable que les plis du Plateau central offrent cette disposition toute spéciale, et je pense, ainsi que l'a admis M. M. Bertrand (1), qu'il faut voir, dans ces synclinaux, des plis orthogonaux.

Le petit bassin houiller de Sincey, dans le Morvan, est orienté E.-O.; on n'a que peu de données sur son allure. Mais s'il se prolonge vers l'est, il disparaît rapidement sous les dépôts secondaires de la Bourgogne, d'ailleurs très faillés dans cette région.

Peut-être le détroit de la Côte-d'Or correspond-il à un pli orthogonal dont les parties profondes seraient occupées par le Carbonifèrien. Mais nous n'avons aucun renseignement à cet égard.

Si, maintenant que nous avons étudié séparément les synclinaux carbonifèriens de la Bretagne, du Plateau Central et des Vosges, nous les examinons dans leur ensemble, nous voyons que les plis de ces différents chaînons hercyniens se relient d'une manière générale les uns aux autres. Orientés d'abord N.O.-S.E., ils prennent vers l'est une direction N.E.-S.O; ils dessinent une série de V dont l'ouverture varie avec la position de ces synclinaux. Je me suis contenté d'indiquer sur la carte *(Pl. 169)* les synclinaux que l'on sait occupés par des dépôts carbonifèriens, puisque ceux-ci affleurent dans les massifs émergés; les indications qu'ils fournissent au point de vue de la recherche de la houille sont plus précises et, par suite, leur connaissance nous intéresse davantage. Mais il y a encore d'autres synclinaux que l'on peut reconnaître dans les massifs anciens à l'allure des couches et qui, ne renfermant pas de dépôt carbonifèrien dans les parties où ils sont visibles, n'ont pas été marqués sur la carte. Tous disparaissent vers l'ouest sous les dépôts secondaires du bassin de Paris, du détroit du Poitou et du bassin de l'Aquitaine, et vers l'est sous les assises secondaires et tertiaires du détroit de la Côte-d'Or et de la vallée du Rhône; mais ils existent néanmoins

(1) *Les lignes directrices de la géologie de la France. Revue générale des Sciences*, 30 septembre 1894, t. IV, p. 671.

et peut-être renferment-ils, à des profondeurs variables là où ils sont recouverts de sédiments plus récents, de précieuses richesses en houille.

Vers le nord de la France, le chaînon hercynien qui correspond à l'Ardenne, à l'Eifel, au Hundsruck et au Taunus, nous montre deux grandes dépressions occupées par des dépôts houillers. C'est d'abord, vers le sud, le bassin de la Sarre. Il n'est pas douteux, étant donnée l'allure des couches secondaires qui le recouvrent, que le synclinal auquel il appartient, ne se prolonge vers l'ouest dans le bassin de Paris. Il est orienté N.E.-S.O.; mais étant donné son plongement très rapide sous le bassin de Paris, ainsi qu'il résulte de sondages faits en Lorraine, il doit se trouver à une grande profondeur. De plus, nous n'avons aucune donnée sur la direction qu'il suit une fois qu'il a disparu sous le secondaire.

Le bassin houiller franco-belge est situé au nord du massif ancien de l'Ardenne; il longe d'ailleurs tout ce chaînon hercynien et constitue, vers l'est, le bassin de la Ruhr. En passant en Hollande, il disparaît sous des sédiments plus récents, mais des sondages ont permis de le retrouver et de reconnaître quelques modifications dans son allure. Je ne m'y arrêterai pas, les faits nouvellement observés dans le Limbourg hollandais ne pouvant nous servir dans l'étude du bassin franco-belge qui nous occupe particulièrement.

Les affleurements en Belgique, les exploitations et les sondages en France, ont permis de reconnaître que le bassin orienté dans sa partie orientale, suivant une direction N.E.-S.O., devenait E.-O. entre Namur et Mons, puis après une inflexion entre Valenciennes et Douai, prenait une direction N.O.-S.E. Mais à partir de Fléchinelle, dans le Pas-de-Calais, on ne connaît plus trace de dépôt paléozoïque jusqu'à Hardinghen et Ferques dans le Boulonnais. Quelle direction suit le pli houiller entre Fléchinelle et Hardinghen? Est-ce le même pli qui passe dans ces deux localités? Pour résoudre ces problèmes, M. M. Bertrand a appliqué le principe déjà exposé de la superposition des plissements. Mais, dans cette région de l'Artois et du Boulonnais, le problème était compliqué par le grand nombre de plis qui affectent les assises jurassiques et crétacées. Néanmoins, M. M. Bertrand (1) est arrivé à cette conclusion que le Boulonnais forme un dôme et que le prolongement du synclinal houiller du Pas-de-Calais passe au

(1) *Annales des Mines*. Juin 1894, 9e S., t. V, p. 569, pl. XI.

nord de ce dôme. Dans ces conditions, le petit lambeau houiller d'Hardinghen fait bien suite au dépôt houiller reconnu à Fléchinelle, ainsi qu'on l'avait déjà admis sans preuve. Ce synclinal, d'ailleurs, avant d'arriver à Hardinghen, subit plusieurs inflexions, à en juger par les plis des assises superficielles. Après avoir suivi une direction N.O. jusqu'à Coveeque, il s'infléchit de manière à devenir N.N.E. jusqu'à Remilly; puis de nouveau il se dirige N.O.-S.E. avec quelques ondulations, notamment au niveau du pointement paléozoïque de Ferques.

On serait tenté de raccorder ce pli à l'un des bassins houillers du sud de l'Angleterre; un sondage entrepris à Douvres, en 1890, et qui a abouti à la découverte, non seulement du terrain carbonifèrien, mais encore de la houille, semble rendre ce raccord probable. Cependant l'étude des plis, en Angleterre comme en France, ne confirme pas cette opinion. Dès 1855, Godwin Austen, en Angleterre, avait émis la théorie de la superposition des plissements, et l'appliquant aux bassins houillers du Sommerset, il avait conclu que le synclinal houiller, passant au nord des Mendip-Hills, devait passer également au nord des North Downs, massif de terrains secondaires faisant suite à l'anticlinal de terrains anciens des Mendip-Hills. Le sondage de Douvres a confirmé pleinement la théorie du savant anglais. En l'appliquant pour la rive française du Pas-de-Calais, on voit que le pli de Douvres doit aboutir au niveau de Calais. Au contraire, le prolongement du pli du bassin du Nord et du Pas-de-Calais passe au cap Griz-Nez. Il ne paraît donc pas que les plis des bassins anglais et français se fassent suite.

D'autre part, un ancien sondage fait dans les environs de Calais aurait rencontré des grès houillers, tandis qu'un sondage tout récent aurait abouti au Dévonien. Les données sur ce synclinal houiller sont encore trop peu nombreuses pour qu'on puisse en tirer quelque conclusion.

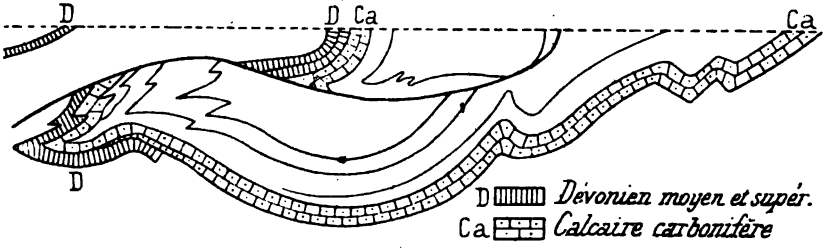
En même temps que M. M. Bertrand cherchait à suivre, dans le Boulonnais, le pli du bassin houiller franco-belge, il en étudiait l'allure des couches. On sait, à la suite de nombreux travaux, notamment ceux de M. le professeur Gosselet (1) sur l'Ardenne et le bassin franco-belge, que ce dernier correspond à un synclinal bordé au sud par un anticlinal dont l'existence se décèle de bonne heure; c'est le pli ou la crête du Condros. Sous l'influence de

(1) *L'Ardenne*, et de nombreux mémoires dans les *Annales de la Société Géologique du Nord.*

poussées venant du sud, cet anticlinal s'est renversé sur le synclinal houiller. Ce renversement s'est produit avec étirement : la racine du pli n'a pu suivre la partie saillante et les assises paléozoïques telles que le Silurien, le Dévonien et le Dinantien qui constituent ce pli, se sont étirées au point qu'une partie d'entre elles a disparu ; il en est résulté un contact anormal, un pli faille, conformément à ce que j'ai signalé plus haut *(fig. 2)*. Mais il s'est produit, en plus, un plissement postérieur à ce charriage et à la suite duquel l'extrémité du lambeau de recouvrement occupe une dépression comme dans le cas de la figure 3.

Passons maintenant à l'étude de détail du bassin. M. Briart (1), directeur des mines de Bascoup, a signalé dans les environs de Landelies et de Fontaine-l'Évêque la présence d'un lambeau de recouvrement comprenant non seulement le Dévonien et le Dinantien, mais encore le houiller productif reposant sur la houille. Tout cet ensemble forme un îlot qui est isolé actuellement par suite des érosions qui ont fait disparaître la partie du lambeau de recouvrement qui reliait l'extrémité du pli anticlinal couché à la racine de ce même pli. C'est le cas auquel j'ai fait allusion en étudiant l'allure des plis dans les régions montagneuses. Les couches présentent la disposition reproduite sur la figure 4 (2).

Fig. 4.



C'est un schéma dans lequel la partie de droite correspond à l'allure des couches dans la région de Landelies et de Fontaine-l'Évêque.

A s'en tenir au simple aspect d'une carte géologique, il semblerait qu'on eût affaire, dans cette région, à un anticlinal apparaissant entre deux synclinaux houillers. L'aspect est encore le même si l'on passe plus à l'ouest : il semble qu'au niveau de Boussu se dresse une crête anticlinale paléozoïque, séparant

(1) *Géologie des environs de Fontaine-l'Évêque et de Landelies. Annales de la Société Géologique de Belgique*, t. XXI, p. 35, 1894.

(2) D'après M. Bertrand. *Annales des Mines*, 9e S., t. V, pl. X, fig. 4.

deux synclinaux houillers, celui de Condé-Jemmapes au nord, qui se prolonge vers l'ouest et celui de Dour, qui paraît limité par le redressement des couches plus anciennes, au niveau de Quiévrechain *(fig. 5)* (1). Mais l'observation de M. Briart a donné à

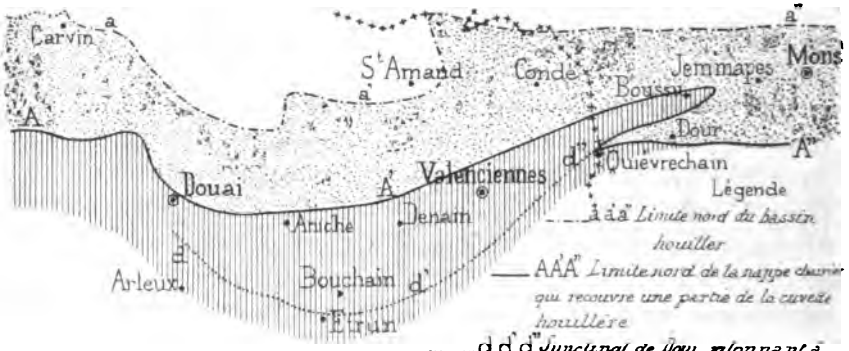


Fig. 5.

M. M. Bertrand (2) l'idée que les terrains paléozoïques de Boussu, Valenciennes, etc., étaient amenés là où ils se trouvent, par suite d'un pli couché et constituaient non un fond de cuvette, mais un lambeau de recouvrement sous lequel devrait se trouver non seulement une grande partie du bassin du Pas-de-Calais et du Nord, mais en même temps une double épaisseur de houille. Dans ces conditions, le fond du bassin, qui passerait par Dour, se trouverait beaucoup plus au sud que ne le faisait croire l'affleurement des terrains anciens du côté de Douai et de Valenciennes; il serait reporté à environ 5 *km* plus au sud. On aurait alors, dans cette région, une disposition comparable à tout l'ensemble de la figure 4. S'il en était ainsi, la particularité du bassin du Nord de ne pas fournir de houille à gaz correspondant aux niveaux supérieurs, alors qu'à l'est, le bassin de Mons en possède et qu'il en est de même à l'ouest pour le bassin du Pas-de-Calais, s'expliquerait par le fait que le lambeau de recouvrement cache les houilles supérieures du bassin, tandis qu'il s'est arrêté dans son mouvement de refoulement au niveau des houilles inférieures, qui, seules, effleurent au nord ce lambeau.

Cette manière d'interpréter les faits permet encore de comprendre quelques particularités du bassin franco-belge. On admet-

(1) Figure d'après celle donnée par MM. Bertrand. *Annales des Mines*, 9e s., t. V, p. 605, fig. 6.

(2) *Annales des Mines*, 9e s., t. V, p. 569.

tait qu'il s'était produit une succession de failles tantôt directes tantôt inverses pour expliquer la présence de lambeaux dévoniens et carbonifériens au milieu des assises de houille. Si l'on se reporte à la figure 4, on voit qu'il suffit d'un pli faille qui correspondrait à ce qu'on appelle la faille du midi, en y ajoutant une simple ondulation de l'ensemble des couches, pour faire comprendre le contact anormal de la série silurienne, dévonienne et carboniférienne avec la houille dans la partie ondulée : c'est cet accident qu'on avait désigné sous le nom de faille de Boussu. Puis, plus à droite, dans la même figure, c'est le contact des assises houillères inférieures avec des assises plus élevées : c'est le cran de retour des mineurs du Nord.

Ce lambeau de recouvrement diminuerait d'importance à mesure que le bassin se redresserait vers le nord. Cependant, il y aurait encore trace de renversement des couches à Hardinghen.

Cette interprétation donnée par M. M. Bertrand ne satisfait peut-être pas à toutes les observations qui ont été faites dans le bassin franco-belge; c'est ainsi que M. Chappy (1) signale l'existence très réelle de failles qui coupent le bassin vers son milieu et déterminent un affaissement relatif de la partie méridionale; il n'y aurait donc pas lieu de voir, dans les accidents du bassin, un pli unique avec étirement. L'absence des houilles à gaz serait un fait certain dans le bassin du Nord, sans qu'il y ait lieu d'admettre l'explication précédemment donnée. Quoi qu'il en soit de ces questions de détail, le fait du recouvrement d'une partie du bassin par un lambeau de terrains paléozoïques est incontestable; peut-être ce bassin s'étend-il moins loin vers le sud que ne le pense M. Bertrand. Seuls des travaux nombreux et profonds pourront permettre de trancher la question.

La consommation en houille étant supérieure, en France, à la production, il y a lieu de multiplier les exploitations et, pour cela, d'en créer de nouvelles. Les faits et les théories que je viens d'exposer, bien que ne permettant pas toujours de procéder à coup sûr dans la recherche des points où créer ces exploitations nouvelles, pourront cependant servir de guides; c'est en en tenant compte que des recherches récentes ont donné des résultats encourageants. J'ai pensé, pour cette raison, qu'il y avait intérêt à les faire connaître à la Société des Ingénieurs Civils de France.

(1) *Annales des Mines*, 9e S., t. VIII, p. 192.

CHRONIQUE

N° 197

Sommaire. — Les grands bateaux à vapeur à roues. — La surface de chauffe des locomotives. — Un problème de mécanique. — Traitement des eaux d'égout à Londres. — Expérience prolongée sur une machine à vapeur. — Le canal de Sault-Sainte-Marie et le canal de Suez.

Les grands bateaux à vapeur à roues. — Dans notre chronique de juillet 1887, nous faisions voir, par un certain nombre d'exemples choisis parmi les plus remarquables, que, si les roues ont été définitivement abandonnées, tant pour la navigation transatlantique que pour le commerce et la marine militaire, on les a toujours conservées jusqu'ici pour les parcours de faible longueur à grande vitesse, surtout si le tirant d'eau doit être modéré.

Depuis que cette note a été écrite, il s'est produit des faits nouveaux; on a commencé à mettre des paquebots à hélice sur des lignes exclusivement desservies jusque-là par des bateaux à roues. Nous citerons notamment la ligne de Dieppe à Brighton et celle du Havre à Southampton où ont été mis en service dans ces dernières années, sur la première, la *Seine* et la *Tamise*, appartenant à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest et construits par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerrannée, et, sur la seconde, les paquebots *Alma* et *Columbia*, du London and South Western Ry, construits par J. et G. Thomson, à Clydebank. Tous ces bateaux ont des dimensions à peu de chose près semblables, 80 *m* environ pour la longueur, et donnent des vitesses de 20 nœuds avec des machines développant de 4 500 à 5 000 *ch* indiqués.

Leur succès très marqué a pu faire croire que la suprématie des bateaux à roues était sérieusement atteinte et dans le *Bulletin* de notre Société de mars 1895, au cours d'une notice nécrologique sur notre regretté Collègue P.-A. Marmiesse, on trouve la phrase suivante : « L'intérêt qui s'attache aux types *Seine* et *Tamise* est exceptionnel; il marque le triomphe définitif de l'hélice sur le propulseur à roues : c'est le signal de l'abandon prochain et définitif du paquebot à roues dont rien, sinon la tradition acquise, ne justifie le maintien. »

La notice nécrologique à laquelle nous venons de faire cet emprunt n'est pas signée, mais nous croyons qu'elle émane de la plume d'un de nos Collègues les plus sympathiques dont la compétence dans les questions de construction navale ne saurait être contestée. Bien que son opinion ait pour nous un grand poids, il ne nous semble pas que les faits la justifient au moins jusqu'ici et que l'abandon du propulseur à roues s'accentue aussi rapidement qu'on pourrait le supposer. Quoi qu'il en soit, il nous a paru intéressant de reprendre la question au point où nous l'avions laissée il y a neuf ans, et de passer en revue rapidement les exemples les plus remarquables de grands bateaux à roues construits

depuis cette époque. Pour justifier l'adjectif dont nous faisons précéder le mot bateaux, nous ne nous occuperons que de ceux dont les appareils moteurs développent des puissances indiquées supérieures à 3.000 *ch*. Cette puissance de 3 000 *ch* est à peu près celle que développaient les grands paquebots transatlantiques construits il y a trente ans.

Nous prendrons ces exemples dans les nombreux services de la Manche, de la mer du Nord et de la mer d'Irlande qui relient la Grande-Bretagne à l'Irlande et au continent et pour lesquels les exigences de la vitesse et du confortable ont amené la construction de paquebots de plus en plus grands et rapides.

Nous commencerons par un des plus importants de ces services, la ligne de Flessingue à Queensborough exploitée par la Société hollandaise de navigation « Zeeland ».

Cette Société avait fait construire en 1877 par la maison Elder à Glasgow, deux paquebots qui portaient les noms de *Prinses Marie*, et *Prinses Élisabeth*; ces paquebots avaient 88,50 *m* de longueur totale, 10,65 *m* de largeur et 20 *m* hors tambours, et 7,30 *m* de creux. Le tonnage (gross) était de 1 600 *tx*.

Les appareils moteurs étaient des machines compound à cylindres oscillants avec condensation par surface actionnant des roues à aubes articulées. Les cylindres de 1,52 *m* de diamètre, pour la haute pression et 2,63 *m* pour la basse pression, avec 2,135 *m* de course, étaient placés verticalement sous l'arbre des roues; les pompes à air étaient actionnées par des balanciers mus par des excentriques; ces pompes à air étaient reportées en avant et en arrière des machines, parce que les grandes dimensions des cylindres n'auraient pas permis de les loger entre ceux-ci, position qui se combine d'ailleurs assez mal avec la disposition compound pour les cylindres oscillants.

La distribution était faite, pour chaque cylindre, par deux tiroirs, ordinaires pour le petit cylindre et à doubles orifices pour le grand, ces tiroirs mus par l'arc de Penn et la coulisse Stephenson actionnée par un cylindre à vapeur et un cylindre à huile.

La vapeur était fournie à la pression de 5 *kg* par quatre chaudières à simple façade à trois foyers chacune, divisées en deux groupes, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière des machines. La surface de grille était de 33,90 m^2 et la surface de chauffe de 679. Ces chaudières étaient accompagnées de surchauffeurs de 36 m^2 de surface collective.

Les roues de 7,50 *m* de diamètre, pesant 32 tonnes chacune, étaient à aubes articulées. Avec 32,75 tours par minute, les machines développant 3 550 *ch* indiqués, la vitesse était de 17 nœuds.

Ces machines sont les plus grosses machines compound oscillantes qui aient été construites; elles sont un peu moins grosses que les machines oscillantes non compound du paquebot *Ireland* de la ligne d'Holyhead dont nous avons parlé dans la chronique susmentionnée, dont les pistons ont 2,580 *m* de diamètre et autant de course. On les trouve décrites avec dessins dans le tome I de l'année 1881 de l'*Engineering*.

Ces bateaux ont fait un excellent service, mais la Compagnie « Zeeland » pour maintenir son service à la hauteur de ses concurrents, notamment l'État Belge avec la ligne d'Ostende à Douvres, a dû faire construire des

bateaux plus rapides; elle s'est adressée aux chantiers qui lui avaient fourni les bateaux précédents, les chantiers de Fairfield, à Glasgow, et leur a fait faire trois nouveaux bateaux à roues livrés récemment et portant les noms de *Konigin Wilhelmina*, *Konigin Regentes* et *Prins Hendrik*. Ces bateaux devaient effectuer en 6 heures le parcours de 110 milles entre Flessingue et Queensborough, mais comme une partie de ce trajet est en eau peu profonde, où la vitesse est forcément limitée, il était nécessaire que la vitesse maxima put atteindre 21 nœuds.

Ces bateaux ont 97,60 *m* de longueur, 10,80 *m* de largeur et 7,25 *m* de creux; la coque est divisée en neuf compartiments par des cloisons étanches; la largeur hors tambours atteint 20,13 *m*; le tirant d'eau en charge est de 3,66 *m*.

L'appareil moteur, à triple expansion, comporte trois cylindres inclinés placés les uns à côté des autres, le petit cylindre au milieu; ces cylindres ont les diamètres respectifs de 1,295, 1,905 et 2,794 *m*; avec 1,981 *m* de course. Le cylindre à haute pression a un tiroir cylindrique et les deux autres des tiroirs plans; tous les tiroirs sont placés sur les cylindres.

La commande se fait par des coulisses actionnées par un appareil à vapeur et hydraulique, les manivelles sont à 120°. Il y a deux arbres coudés, un pour chacun des cylindres extérieurs, et les extrémités intérieures de ces arbres portent une manivelle rapportée; c'est le bouton qui réunit ces deux manivelles rapportées qui est actionné par la bielle du cylindre du milieu; les extrémités extérieures des arbres portent des plateaux qui servent à fixer les arbres porte-roues, les arbres sont en acier Whitworth. Les paliers reposent sur des bâtis en tôle et sont rattachés aux cylindres par des tirants en fer formant guides pour les traverses des tiges de piston.

Les condenseurs à surface ont leurs enveloppes en tôle; ils sont placés transversalement entre les bâtis qui portent les arbres et les cylindres; les pompes à air verticales sont mues par les tiges de piston des cylindres extérieurs par l'intermédiaire ordinaire de balanciers d'équerre. La circulation s'opère par des pompes centrifuges actionnées par des moteurs indépendants.

La vapeur est fournie à la pression de 12 *kg* par 6 chaudières à simple façade divisées en deux groupes, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière des machines, avec chacun une cheminée. Ces chaudières présentent un total de 24 foyers. Elles sont munies des accessoires les plus perfectionnés, tels que réchauffeurs d'eau d'alimentation, évaporateurs, filtres, etc.

Les foyers fonctionnent avec tirage forcé. Les roues sont entièrement en acier, elles ont neuf aubes articulées en tôle d'acier cintrée, le diamètre de ces roues est de 5,65 *m* et la largeur de 3,90 *m*. Les machines dont nous venons d'indiquer les dispositions principales constituent les plus puissants moteurs à triple expansion qui aient été encore faits pour actionner des roues.

Ces bateaux ont des aménagements très confortables, ils ont notamment des installations complètes avec couchage pour 180 passagers de 1re classe et 72 de seconde, malgré la durée relativement faible de la traversée.

La vitesse maxima obtenue est de 21 nœuds avec 9 000 *ch* indiqués; on a ainsi pu réaliser le programme du passage en 6 heures entre Flessingue et Queensborough. Les dessins de ces bateaux et de leur appareil moteur ont été donnés dans l'*Engineer* du 13 mars 1896.

Si le succès de ces paquebots, au point de vue du résultat obtenu, est incontestable, on ne peut nier toutefois qu'il ne soit chèrement acquis, car la puissance de 9 000 *ch* paraît très exagérée pour propulser, même à 21 nœuds, un bateau de dimensions relativement médiocres. Il y a là un argument pour les partisans de l'hélice, car il est bien certain que les bateaux à hélice, dont nous avons parlé au début de cette note, et dont les dimensions sont peu différentes, n'emploient guère plus de la moitié de cette puissance pour réaliser des vitesses analogues.

Cette question a fait l'objet d'une polémique dans les journaux anglais. On a attribué la médiocre utilisation de la puissance sur les derniers bateaux hollandais à des proportions insuffisantes des roues et la comparaison suivante qui a été donnée des éléments de l'application de la puissance sur les derniers bateaux et sur les précédents paraît indiquer que c'est là le point faible.

	Anciens bateaux.	Nouveaux bateaux.
Diamètre extérieur des roues D. .	6,10 *m*	5,65 *m*
Nombre d'aubes	10	9
Longueur des aubes.	3,66 *m*	3,88 *m*
Hauteur —	1,27	1,47
Section — A	4,65	5,70
Puissance indiquée P	3 550 *ch*	9 000 *ch*
Rapport $\frac{P}{DA}$	125,1	279,5

Ce rapport est dans la proportion de 1 pour les anciens bateaux et de 2,23 pour les nouveaux, ce qui indique pour ceux-ci une insuffisance assez notable de surface d'aubes (1). Le chemin parcouru par celles-ci pour une vitesse de 21 nœuds ou 38 900 *m* à l'heure, représente un nombre de tours de 36 1/2 par minute. S'il est exact, comme nous l'avons vu indiquer dans un journal anglais, que le nombre de tours correspondant des machines a atteint 63 pour cette vitesse, il en résulterait un recul absolument excessif et la vitesse exigée n'aurait été atteinte que parce que les chaudières ont pu fournir assez de vapeur pour permettre cette allure exagérée, pour laquelle la vitesse des pistons atteindrait 4,16 *m* par seconde, chiffre extrêmement élevé, car la vitesse de piston de machines analogues du même constructeur ne dépasse pas 3,20 *m* à 3,50 *m*. Les machines supportant ces conditions de fonctionnement, on pourrait dire que l'exécution du moteur fait plus d'honneur que se conception au constructeur si celui-ci n'avait été dans l'impossibilité de faire autrement, parce que la largeur du bateau hors tambours qui est de 20,13 *m* ne pouvait probablement pas être augmentée par suite de la dimension de portes d'écluses à traverser. Dans ce cas, il eut probablement mieux valu faire des bateaux à hélice, dont le service eut été moins

(1) Pour la ***Marie-Henriette***, de la ligne d'Ostende, ce rapport est de 162,6.

dispendieux, que de dépenser pour agiter simplement l'eau 4 000 *ch* brûlant pour 300 *f* au moins de combustible par voyage, ce qui fait, à deux parcours simples par jour, 200 000 *f* par an et le double pour quatre trajets simples. Certes la vitesse coûte toujours cher, mais on peut dire qu'ici la solution a été réalisée coûte que coûte.

La ligne du gouvernement belge, entre Ostende et Douvres, continue à faire construire des bateaux à roues. Après la *Marie-Henriette* dont nous avons longuement parlé dans nos chroniques de juillet et août 1894, la Société Cockerill a construit pour le même service, le *Rapide* dont les dimensions transversales sont les mêmes, mais la longueur moins grande; ces dimensions sont : longueur 91,50 *m*, largeur 11,60 *m*, creux 6,40 *m*. Aux essais faits à l'embouchure de la Clyde pour avoir des résultats entièrement comparables avec ceux des paquebots de la même ligne construits en Écosse, le *Rapide* a donné une moyenne de vitesse de 21,84 nœuds pendant 3 heures en développant une puissance de 7 000 *ch* indiqués. Cet exemple vient à l'appui des observations présentées ci-dessus à propos des derniers bateaux hollandais.

La Société Cockerill a encore en construction en ce moment pour le même service un nouveau bateau du type de la *Marie-Henriette*.

Le service d'Ostende-Douvres possède actuellement cinq paquebots à 20 nœuds et plus savoir :

Princesse-Henriette et *Princesse-Joséphine*, de Denny frères, construits en 1891 ; *Léopold II*, de Denny frères, 1893 ; *Marie-Henriette*, de Cockerill, 1894, et *Rapide*, de Cockerill, 1895 et en aura très prochainement un sixième.

Le service entre Calais et Douvres du London, Chatham and Dover Ry vient de recevoir deux nouveaux paquebots à roues, construits par Denny frères, de Dumbarton, le *Dover* qui a déjà quelques mois de fonctionnement et le *Calais*, qui vient d'être livré. Ces bateaux ont 85,40 *m* de longueur, 10,67 *m* de largeur et 6,90 *m* de creux, le tonnage (gross) est de 980 *tx*.

Les machines à triple expansion avec trois cylindres inclinés parallèles, alimentées de vapeur à 10 1/2 *kg*, par quatre chaudières tubulaires en acier avec des foyers Fox, marchant à tirage forcé, en chaufferies closes, ont permis à ces navires d'atteindre une vitesse de 19,65 nœuds aux essais; en service on réalise facilement 18 1/2.

La ligne de Boulogne à Folkestone desservie par les bateaux du South-Eastern Ry, a reçu dernièrement un paquebot à roues, *Duchess of York*, dont la coque a été construite par Green, à Blackwall, et l'appareil moteur, par la célèbre maison John Penn, de Greenwich.

Ce bateau a 81 *m* de longueur, 9,15 *m* de largeur et jauge environ 1 000 *tx*. Le moteur est compound à trois cylindres avec les manivelles à 120°, le petit cylindre est au milieu avec les grands cylindres de chaque côté ; les diamètres sont 1,22 *m* et 1,73 *m* et la course 1,83 *m*. Les supports des arbres sont en fonte et reposent sur des bâtis en tôle ; ces supports sont reliés aux cylindres par des tirants en fer servant de guides aux traverses des têtes de pistons. Il y a six bâtis parallèles, deux pour chaque cylindre. Les arbres sont au nombre de quatre, ceux des extrémités n'ont qu'une manivelle simple tandis que les intérieurs ont

une manivelle à chaque extrémité, total six manivelles ou trois paires de manivelles. Les portées de ces arbres ont 0,437 *m* de diamètre et 0,45 *m* de lonrgueur. Les condenseurs à surface sont à la partie inférieure et les pompes à air, verticales, sont actionnées par les tiges des pistons des cylindres extérieurs, par des balanciers d'équerre. La distribution se fait au cylindre à haute pression par un tiroir cylindrique et aux cylindres à basse pression par des tiroirs plans, les uns et les autres actionnés par de doubles excentriques et des coulisses.

Les roues ont 7,02 *m* de diamètre extérieur et portent 10 aubes articulées de 3,20 *m* de longueur et 1,35 *m* de hauteur. La vapeur est fournie à la pression de 8 1/2 *kg*, par quatre chaudières cylindriques de 4,16 *m* de diamètre et 3 *m* de longueur ayant une surface totale de grille de 25,11 *m*, et une surface de chauffe de 783 m^2. Le tirage est fait par aspiration par des ventilateurs de 2,10 *m* de diamètre placés à la base des cheminées, et actionnés par des moteurs indépendants; ces ventilateurs donnent un vide de 25 *mm* d'eau dans les boites à fumée. Les chaudières sont divisées en deux groupes, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière des machines.

Le dessin de l'appareil moteur de ce bateau a été donné dans l'*Engineering* du 7 février dernier.

Avec 43 tours de roues par minute, la machine développe 4 300 *ch* indiqués et la vitesse atteint environ 19 1/2 nœuds. Ce nombre de tours correspond à une vitesse des pistons de 2,62 *m* par seconde.

Les bateaux de la ligne de Calais et de Boulogne peuvent avoir plus de tirant d'eau que ceux de la ligne d'Ostende, aussi, leur largeur étant réduite, le rapport de longueur à largeur est il plus considérable; il atteint, en effet, 8 1/2 à 9 tandis qu'il ne dépasse pas 7.90 dans les paquebots belges. *(A suivre.)*

La surface de chauffe des locomotives. — Dans un mémoire présenté à l'Association des Master Mechanic's, M. F. W. Dean appelle l'attention sur les inconvénients qui résultent des diverses manières de compter la surface de chauffe dans les chaudières de locomotives; les uns prennent la surface extérieure, les autres la surface intérieure des tubes; certains comptent enfin la surface moyenne. Pour ne parler que des deux extrêmes, avec des tubes de 50 *mm* de diamètre extérieur et de 2 1/2 *mm* d'épaisseur, la différence entre les deux surfaces est de 11 0/0, ce qui n'est pas négligeable. Ainsi une locomotive ayant 100 m^2 de surface tubulaire intérieure en aura 110 de surface extérieure.

Les constructeurs américains sont divisés quant à la manière de compter la surface; ainsi les ateliers Baldwin et les ateliers de Schenectady prennent l'extérieur, tandis que les ateliers de Rhode-Island et un certain nombre d'autres prennent l'intérieur des tubes.

L'amirauté anglaise prend la surface extérieure et, pour faciliter les comparaisons avec les navires britanniques, la marine des États-Unis a, bien à tort, adopté la même manière de compter.

Pour apprécier quelle est la surface qu'on doit prendre, il est nécessaire d'entrer dans quelques considérations que M. Dean expose comme suit. On doit prendre la surface réellement agissante. La source de ca-

lorique est, dans le cas qui nous occupe, les gaz de la combustion passant dans les tubes. Le métal des tubes joue le rôle de transmetteur de calorique entre les gaz et l'eau, il absorbe la chaleur de ces gaz et les transmet à l'eau à vaporiser.

Si le métal emmagasinait la chaleur et la transmettait ensuite à l'eau, il pourrait y avoir quelque raison de prendre la surface extérieure des tubes en considérant la transmission à l'eau comme une phase importante de l'opération, mais il n'en est pas ainsi ; la rapidité de cette transmission est si grande et si en excès de la facilité d'absorption par les tubes du calorique des gaz qu'en fait la température des tubes est à peu près celle de l'eau. On en a la preuve dans les tubes Serve où la transmission du calorique à travers le métal est si rapide que les ailettes ne subissent aucune altération de la part des gaz chauds. Dans le tube Serve, à diamètre égal, la surface extérieure n'est pas plus grande et cependant la quantité de calorique transmise à l'eau est beaucoup plus considérable.

Prenons un tube lisse et augmentons-en l'épaisseur, l'effet utile ne sera pas augmenté, il serait plutôt réduit et la surface extérieure sera plus grande. Au contraire, prenons un tube d'une épaisseur extrêmement faible, il aura plutôt un effet plus avantageux ; les deux surfaces arriveront presque à coïncider et il ne restera que la surface d'absorption de calorique des gaz, c'est-à-dire la surface intérieure du tube. En somme en présence de la rapidité d'émission de calorique du métal et de la rapidité de transmission dans celui-ci, on peut admettre que les choses se passent comme si les gaz chauds étaient en contact direct avec l'eau elle-même ; dès lors c'est la surface de contact, c'est-à-dire la surface intérieure des tubes seule qu'il faut adopter dans les calculs.

Quelques observations nous paraissent ici nécessaires. Il est évident qu'il faut avoir un mode uniforme de compter la surface de chauffe, autrement les comparaisons deviennent impossibles ; il nous paraît convenable également de prendre la surface de chauffe intérieure et les considérations présentées par M. Dean nous semblent justes sauf à faire une restriction importante. L'Ingénieur américain, dans son raisonnement, admet une rapidité énorme de transmission entre le métal et l'eau, mais cette rapidité implique deux conditions : la première que la surface extérieure soit constituée par le métal même du tube et non par une couche plus ou moins épaisse de tartre, et la seconde c'est que le tube soit réellement baigné dans l'eau et non dans de la vapeur, c'est-à-dire que la circulation soit effective ; or, ces conditions sont très loin d'être toujours réalisées dans la pratique.

Il est très intéressant de se reporter au sujet de la question qui nous occupe aux considérations émises par C. W. Williams, il y a déjà plus de quarante ans. Cet Ingénieur préconisait l'accroissement de la surface de chauffe des chaudières par l'emploi de chevilles perpendiculaires aux surfaces et dépassant à l'intérieur et à l'extérieur. Cette idée était basée, disait C. W. Williams, sur la croyance populaire que la marmite à trois pieds bout plus vite que la marmite sans pieds, et sur l'expérience faite sur une chaudière à chauffer le brai ayant vingt pieds au lieu de trois.

Une expérience faite par l'auteur anglais donne des renseignements très intéressants sur l'effet de ces chevilles ou conducteurs. Il a opéré sur une petite chaudière chauffée au gaz d'abord sans conducteurs, puis avec conducteurs intérieurs seulement, enfin avec doubles conducteurs.

On mesurait la chaleur absorbée par l'eau pour la même dépense de gaz et on a trouvé les résultats suivants :

		Rapports.	
Sans conducteurs.	2,210	1	—
Avec conducteurs intérieurs.	3,571	1,62	1
Avec doubles conducteurs. .	3,769	1,70	1,05

Ces observations indiquent bien qu'il y a plus d'intérêt à faciliter l'absorption du calorique des gaz que la transmission de ce calorique à l'eau.

C.-W. Williams rappelle très loyalement que l'idée des chevilles est due à Peclet qui l'a donnée dans son *Traité de la chaleur*, mais il réclame l'honneur d'en avoir fait le premier l'application pratique sur plusieurs chaudières dont les résultats ont été excellents; les chevilles avaient 13 *mm* de diamètre et pouvaient avoir dans les carneaux une saillie de 75 *mm* sans que le métal s'altérât.

Quoi qu'il en soit, l'application de ces conducteurs du côté des gaz chauds a été faite sous une forme un peu modifiée et sur une très grande échelle dans les chaudières Lamb et Summers fort en usage en Angleterre il y a quarante ans. Dans ces chaudières, les tubes étaient remplacés par des carneaux verticaux très hauts et très étroits; pour maintenir les parois planes de ces carneaux contre la pression de la vapeur on les entretoisait par des tiges en fer rond de 28 *mm* de diamètre. Comme ces entretoises placées dans les lames d'eau auraient été très gênantes pour le nettoyage, on les placait dans les carneaux où elles jouaient le rôle des conducteurs dont il vient d'être question. Il paraît que ces chaudières donnaient un effet utile très remarquable dû à ces entretoises qu'on avait établies pour un but tout différent et sans aucune idée de leur effet de conductibilité.

Un problème de mécanique. — En Amérique, comme ailleurs, on trouve encore des gens qui croient à la possibilité d'obtenir une force motrice sérieuse par l'emploi artificiel de la pesanteur, c'est-à-dire par la descente de poids préalablement remontés à bras d'hommes à la manière des tournebroches, horloges à poids, etc., qui jouent le rôle d'accumulateurs.

Comme il est généralement assez difficile (nous avons eu occasion de l'éprouver par nous-même) de faire comprendre à cette catégorie d'inventeurs par des considérations théoriques qu'en dehors d'applications où le travail est extrêmement minime, ce mode d'emploi de la force animale ne saurait donner aucun résultat économique, le journal *American Machinist* a eu la bonne idée de prendre la chose par un autre côté et de montrer que l'emploi de dispositions de ce genre, en dehors de toute question d'avantage matériel, entrainerait à des dépenses d'établissement hors de toute proportion avec le but poursuivi.

Nous croyons intéressant de reproduire le raisonnement en modifiant sensiblement les chiffres pour les amener à des nombres ronds en mesures métriques.

Le journal américain suppose qu'on veuille obtenir une force de 1 *ch* pendant une demi-journée, soit cinq heures, travail assurément bien modéré.

Un cheval, pendant 1 heure, représente 270 000 *kgm* et, pendant 5 heures, 1 350 000 *kgm*.

Il admet une descente du poids de 10 pieds anglais (3,05 *m*), c'est un peu faible. Si on prend 3 *m* en nombre rond, et si on admet une perte par frottements de 10 à 12 0/0, on arrive à un poids de 500 *t*. Évidemment la meilleure forme à donner à ce poids est celle d'une sphère, et la seule matière à employer est la fonte; une sphère de ce poids, faite de fonte, aura un diamètre de 5,10 *m*. Si on ajoute à ce diamètre et aux 3 *m* de course indiqués plus haut, 0,60 *m* pour l'attache et 0,60 *m* pour le rayon du tambour que la descente du poids doit faire tourner, on arrivera à une hauteur de 9,30 *m* pour l'axe de l'arbre du tambour au-dessus du sol. Le journal américain base son calcul subséquent sur cette hypothèse. Il nous semble plus équitable de prendre une hauteur de descente un peu plus grande; nous avons fait le calcul avec 5 *m* et 10 *m* de descente, ce qui donne les résultats indiqués au tableau ci-après.

Chute.	Poids.	Diamètre.	Hauteur de l'axe.
3 *m*	500 *t*	5,10 *m*	9,30 *m*
5 *m*	300 *t*	4,31 *m*	10,80 *m*
10 *m*	150 *t*	3,42 *m*	15,50 *m*

La hauteur de 15,50 *m* paraît encore pratiquement réalisable. Au delà les supports prendraient trop d'importance. On aura donc une sphère de 3,42 *m* de diamètre pesant 150 *t* qui, en laissant de côté la possibilité de la couler et de la transporter, ne coûterait pas, à 30 *f* les 100 *kg*, moins de 45 000 *f*.

Cette sphère serait attachée à une chaîne qui, à 28 *kg* de résistance à la rupture par millimètre carré, exigerait du fer rond de 83 *mm* de diamètre; portant ce diamètre à 100 *mm*, ce qui donnera, avec la double section du maillon, un coefficient de sécurité de 3 environ, ce qui n'est pas exagéré, on aura, pour le fer, un poids de 61,2 *kg* le mètre et, avec le coefficient moyen de 3,5, $61{,}2 \times 3{,}5 = 215$ *kg* pour le mètre courant de chaîne, soit, pour 10 *m*, 2 150 *kg*. Une chaîne de ce calibre coûterait probablement assez cher. En pratique, il serait préférable de remplacer la chaîne unique par plusieurs chaînes d'un diamètre plus modéré.

Cette chaîne s'enroulerait sur un tambour, sur lequel elle ne ferait qu'un tour; le diamètre de ce tambour serait de 3 *m* au moins. Son axe, porté sur des supports écartés de 3,50 à 4 *m* pour laisser passer entre eux la sphère, et devant porter en son milieu une charge de 150 *t*, ne pourrait avoir moins de 1 *m* de diamètre au milieu et constituerait une pièce très importante pesant quelque chose comme 10 à 15 *t*.

Si on compte enfin les supports de l'arbre élevés à 15 *m* au dessus du sol, et qui, établis en maçonnerie, bois ou métal, représenteront une

construction très sérieuse, on se convaincra qu'une installation de ce genre coûtera une somme considérable, 100 000 *f* et plus pour une force, en définitive, très minime, que tous les genres de moteurs connus réaliseraient pour le cinquantième au plus de ce prix.

Il faut ajouter que nous avons été extrêmement large dans les calculs. Ainsi, si on considère que le mouvement de l'arbre sera extrêmement lent, puisqu'il ne fera qu'un tour en cinq heures, et que le poids descendra de 10 *m* dans le même temps, soit une vitesse d'à peu près 0,6 *mm* par seconde, la transmission du mouvement aux outils qu'on voudrait actionner entrainera des organes multipliés qui absorberont certainement beaucoup plus que les 10 ou 12 0/0 qu'on a prévus. La moitié, peut-être, du travail utile passera en résistances de toute sorte, et les chiffres indiqués plus haut, et déjà si considérables, devront être de beaucoup augmentés.

Il y a encore moins à espérer dans l'emploi des ressorts, qui ont pourtant été le champ favori des recherches des inventeurs de la catégorie à laquelle nous avons fait allusion au début de cette note.

Au Congrès du Génie Civil qui s'est tenu à Paris pendant l'Exposition universelle de 1878, notre distingué Collègue, M. Hippolyte Fontaine, dans une conférence sur les moteurs domestiques, a été amené à traiter la question de l'emploi des ressorts comme moteurs. Il exposait qu'un ressort ne pouvait donner plus de 20 *kgm* par kilogramme d'acier. Pour un travail de 1 *kgm* pendant une heure, suffisant pour faire marcher une machine à coudre, il faudrait un ressort pesant $\frac{3\,600}{20 \times 0{,}50} = 360$ *kg*. Pour faire 1 *ch* pendant cinq heures, données de l'exemple ci-dessus, il faudrait un ressort de 135 *t* qui, avec les installations nécessaires pour le faire fonctionner, coûterait certainement une somme très considérable.

Mais ce n'est pas tout. Le moteur à ressort Schreiber et Salomon, exposé en 1878 dans la section autrichienne, contenait deux ressorts d'un poids total de 20 *kg*. Le remontage exigeait soixante tours de manivelle ; en comptant un effort de 3 *kg* sur une circonférence de 0,75 *m*, le travail était de 1 350 *kgm* ; les ressorts ayant pu élever 50 *kg* à 5 *m*, ont rendu un travail de 250 *kgm*, soit 18 0/0 du travail dépensé au remontage. Si on introduit ce rendement dans le calcul relatif au travail de 1 *ch* pendant cinq heures, on arrivera à un poids de ressorts de 400 *t*.

M. Fontaine concluait qu'en dehors de forces excessivement minimes, l'emploi des ressorts était très désavantageux, et que, pour des travaux intermittents, très faibles d'ailleurs, l'usage des poids est préférable à celui des ressorts.

Traitement des eaux d'égout à Londres. — A Londres, une partie des eaux d'égout est traitée dans deux usines spéciales, à Barking et à Crosness ; les matières solides se déposent par précipitation et sont enlevées et transportées à la mer, et les eaux éclaircies sont envoyées à la Tamise.

En 1895, la quantité d'eau traitée dans ces deux usines a été, en moyenne, de 962 500 m^3 par jour, d'après le rapport adressé au London

County Council par M. R. A. Binnie, Ingénieur-chef de ce service, relativement aux opérations de ces usines.

La quantité totale d'eaux d'égout traitée dans l'année 1895 a atteint le chiffre énorme de 346 000 000 m^3, en augmentation de 1,08 0/0 sur le total de l'année précédente.

On a employé, comme agents de précipitation, 22 000 *t* de chaux et 5 100 *t* de sulfate de fer, ce qui représente une proportion de 64 *g* de chaux et 15 *g* de sulfate de fer par mètre cube d'eau d'égout.

Le poids total des matières précipitées a été de 2 200 000 *t*, soit environ 6,4 *hg* par mètre cube d'eau ; ces dépôts contiennent environ 91,4 0/0 d'eau.

La dépense totale pour l'installation des usines, du matériel de transport des dépôts à la mer s'est élevée à la somme de 24 600 000 *f* en nombres ronds, dont 3 400 000 *f* pour le matériel de transport. Les charges fixes sur le capital (intérêt et amortissement) ont été, en 1895, de 1 290 000 *f* et les dépenses de traitement et de transport de 3 930 000 *f*, soit un total de 5 220 000 *f*, ce qui fait 0,015 *f* par mètre cube comme dépense totale, et 0,0114 *f* comme dépense de traitement et de transport. Cette dernière dépense se subdivise comme suit : matières pour la précipitation, 0,004 *f* ; traitement, 0,0052 *f*, et transport, 0,0022 *f*.

Le total a été légèrement en augmentation, en 1895, par rapport à l'année précédente, par suite de quelques essais faits en vue de la filtration des dépôts.

Il y a eu six navires en service, portant chacun 1 000 *t* ; ces navires ont fait deux mille cent soixante-neuf voyages, d'un parcours moyen de 80 *km*. Le coût du transport a été de 0,35 *f* par tonne, soit un peu moins d'un demi-centime par tonne et par kilomètre, si on compte la distance simple, et la moitié si on compte le retour dans le parcours.

Expérience prolongée sur une machine à vapeur. — Les expériences de trop courte durée effectuées sur les machines à vapeur laissent généralement quelques doutes, à cause des erreurs qui peuvent se produire sur les quantités de combustible brûlé et sur l'appréciation du travail réellement effectué. On ne peut pas faire cette objection à celle que nous allons citer et qui a porté sur une durée de trois années.

Il s'agit d'une machine compound Reynold-Corliss, construite par la C^ie^ Allis, de Milwaukee, et installée dans les filature et tissage de Stevens, à Webster, Mass., États-Unis. Cette machine a deux cylindres, l'un de 0,559 *m*, l'autre de 1,016 *m*, et 1,22 *m* de course, agissant sur des manivelles à angle droit.

Voici les chiffres de consommation réalisés dans les trois années :

	1893.	1894.	1895.
Travail moyen indiqué par jour.	381	393	396
Chevaux-heure par an	1.042.221	893.792	1.076.154
Charbon brûlé par an . . . *kg*.	829.800	676.450	804.400
Charbon brûlé par cheval indiqué et par heure. . . . . *kg*.	0,796	0,757	0,748

Les chaudières du type Reynolds ne fournissaient de la vapeur qu'à la machine; les quantités de charbon comprennent tout ce qui a été brûlé sous les chaudières pendant l'année, soit en marche, soit pendant les arrêts.

Les relevés ont été faits par les propriétaires de l'usine. On relevait tous les jours deux jeux de diagrammes, l'un le matin, l'autre l'après-midi; c'est la moyenne des puissances ainsi constatées qui constitue le travail du jour. Tout le charbon brûlé a été pesé avec soin. Ces résultats dans lesquels les erreurs disparaissent dans la masse et où on n'a pas le doute qui subsiste dans une expérience de courte durée sur l'identité de l'état des feux au commencement et à la fin de l'expérience, paraissent devoir inspirer toute confiance.

Le canal de Sault-Sainte-Marie et le canal de Suez. — Le canal de Sault-Sainte-Marie a été ouvert en 1895 pendant 213 jours à la navigation. Pendant cette période, il a donné passage à 12 495 vapeurs, 4 700 navires à voiles et 671 bateaux, soit en moyenne 77 navires par jour avec 30 manœuvres d'écluse dans le même temps. Le 17 juillet, 119 navires ont passé l'écluse. Le tonnage collectif de tous ces navires a été de 16 029 778 *tx* et leur port en marchandises de 14 471 648 *t*.

Les gros chapitres sont les combustibles pour 2 500 000 *t*, les farines 9 millions de barils, le blé 41 millions de boisseaux, les autres grains 8 millions, les minerais de fer 8 millions de tonnes. Comme comparaison avec l'année 1894, on constate une augmentation de 16 0/0 dans le nombre des navires, 9 dans le nombre des manœuvres d'écluses, 23 dans le tonnage et 10 dans le poids des marchandises transportées.

Si nous passons au canal de Suez, nous trouvons qu'en 1895, il a passé 3 434 navires d'un tonnage total net de 8 448 245 *tx*, le nombre des navires était en diminution de 18 0/0 sur l'année 1894, mais les recettes ont été néanmoins très élevées, par suite de la guerre sino-japonaise et des expéditions de Madagascar et d'Abyssinie.

Sur les 3 434 navires, il y a 2 330 anglais, 312 allemands, 274 français, 188 hollandais et 330 appartenant aux autres nations dont 4 seulement américains.

On peut conclure de cette comparaison qu'il passe en huit mois, dans le canal de Sault-Sainte-Marie, presque quatre fois autant de navires et deux fois autant de tonnage que dans le canal de Suez dans toute l'année. Si on ramenait les trafics des deux canaux à la même durée, les rapports deviendraient 6 pour le nombre de navires et 3 pour les tonnages.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1895.

Rapport de M. Violle sur un **système de brûleur à gaz** de M. Bandsept, Ingénieur à Bruxelles.

Le principe de ce système, dit *automelangeur-atomiseur*, est de mélanger intimement le gaz d'éclairage et l'air à l'extrémité même du brûleur et de faire, par la flamme qui a une température très élevée, porter à l'incandescence un manchon Auer; on use alors beaucoup moins de gaz qu'avec un brûleur ordinaire. Le mélange intime d'air et de gaz se fait au moyen de chicanes convenablement disposées ou de petits moulinets qui brassent le mélange et le rendent homogène dans toute sa masse. Ces appareils, appliqués à l'éclairage incandescent, admettent aussi l'emploi de la veilleuse.

Rapport de M. Pector sur les **appareils photographiques** de M. Mackenstein.

Ces appareils sont : 1° Une jumelle simple où l'escamotage des châssis se fait au moyen d'un entraînement opéré par l'ouverture du rideau; 2° Une jumelle stéoroscopique qui diffère de l'appareil précédent en ce que l'escamotage du châssis se fait par une poussée du rideau et 3° Une chambre d'agrandissement des clichés de format $6\ 1/2 \times 9$ obtenus avec les deux jumelles précédentes.

Rapport de M. Lavalard sur un ouvrage de M. Boissier, intitulé « **le cheval de mines** ».

Nous avons déjà eu occasion de signaler cet ouvrage à l'occasion de sa présentation à la Société de l'Industrie minérale (Voir *Comptes rendus* d'août 1895, page 234).

La réduction des heures de travail dans l'industrie, par M. Ed. Simon.

Au sujet des projets de réduction uniforme de la durée du travail dans les ateliers, notre Collègue M. Ed. Simon donne un certain nombre d'arguments extraits d'une brochure de M. Stephen Jeans répondant aux partisans absolus de la journée réduite dans les industries anglaises. La réduction de la journée à 9 heures dans les chantiers de construction, qui remonte déjà à vingt-trois ans, ne paraît pas avoir, d'après enquête faite, avoir produit de résultats avantageux, quant à l'équivalence du travail effectué.

Notre Collègue conclut avec raison que l'expérience de nos voisins ne

doit pas être perdue de vue et qu'il faut se garder des solutions hâtives et de toutes pièces en matière d'économie industrielle.

Le *Forban* et les **progrès réalisés dans la construction des torpilleurs** depuis dix ans, par M. Ferrand, Ingénieur de la marine.

La question du *Forban*, torpilleur de haute mer, construit par notre éminent Collègue M. A. Normand, et qui a réalisé aux essais la vitesse jusque là sans précédent de 31 nœuds, a fait l'objet d'une communication, à notre Société, de M. Hart, dans la séance du 18 octobre dernier.

La conférence de M. Ferrand donne de justes éloges aux travaux de M. Normand et à la part considérable qu'il a prise dans les perfectionnements apportés à la construction des torpilleurs, mais elle se termine par les considérations suivantes qui sembleront bien hardies aux personnes qui connaissent un peu l'histoire du développement de la construction navale depuis cinquante ans.

« Le torpilleur, tel qu'il est aujourd'hui et sans envisager ni sa valeur militaire réelle ni son avenir, a été à l'origine *(sic)* de tous les progrès réalisés dans l'architecture navale dans ces dernières années;... si les nécessités de la préparation constante à la guerre sont, pour un peuple, une lourde charge pécuniaire et morale, elles ont, par contre, l'avantage de créer des initiatives fécondes pour tous les progrès industriels; si les torpilleurs et les croiseurs rapides n'avaient pas été imaginés pour les besoins de la défense et de l'attaque, sans doute les flottes commerciales n'auraient été ni assez téméraires ni assez riches pour tenter les essais coûteux auxquels les différentes marines militaires se livrent depuis quinze ans ».

Ce qui précède nous paraît ne devoir être compris que dans un sens très restreint et sans contester les travaux accomplis dans les marines militaires, au point de vue à peu près exclusif de l'attaque et de la défense il est permis de rappeler que tous les progrès réalisés dans la construction navale depuis cinquante ans sont dus à la marine marchande et à l'industrie privée; l'hélice, les coques en fer, l'acier, la haute pression, la condensation par surface, les machines compound et à triple expansion ont été adoptées par les marines militaires alors que le commerce les employait depuis plus ou moins longtemps.

Le point de départ du torpilleur est, comme du reste M. Ferrand ne fait point difficulté de le rappeler, le yacht du lac de Genève, la *Gitana*, construit en 1872 par Thornycroft pour la baronne de Rothschild et qui donna la vitesse de 16 nœuds tout à fait extraordinaire pour l'époque et, puisque M. Ferrand cite Benjamin Normand, nous pouvons dire que lorsqu'il était question devant lui de l'origine des progrès réalisés dans les constructions navales, B. Normand ne manquait pas de rappeler malicieusement que le premier navire à hélice de l'État en France, le *Napoléon*, construit par son père, le grand constructeur havrais, avait été commandé non pas, comme on pourrait le croire, par le Ministère de la Marine, mais par le Ministère des Finances pour l'Administration des Postes.

On trouvera nombre d'autres appréciations du même auteur sur la même question dans les Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs Civils, année 1869, pages 458 et suivantes.

Revue de mécanique appliquée, par M. G. Richard.

Cette revue contient des notes sur divers systèmes de chaudières à tubes, Thornycroft, Read, Haythorn, Petersen et Mac Donald, sur le tirage mécanique par divers procédés, sur l'emploi du combustible pulvérulent, etc.

Sur la **métallurgie microscopique,** par M. H. Le Chatelier.

Il s'agit des méthodes d'attaque des surfaces métalliques polies en vue de leur étude microscopique, et de recherches faites dans ce sens par l'auteur, basées sur l'attaque par l'action d'un courant électrique au sein d'une solution conductrice sans action sur l'alliage.

Travaux de la Commission des alliages. — Discussion du mémoire de M. Charpy.

On trouve ici une série d'observations présentées par MM. Heycock et Neville, André Le Chatelier et par M. Charpy.

Dosage des huiles essentielles des alcools par le sel marin, procédé de M. Koutcheroff, extrait par M. Koxindjy.

Cette méthode, qui n'est qu'une modification de la méthode Röse, consiste, en principe, à ramener à 60° l'alcool à essayer et à le mélanger avec 3,5 volumes d'eau saturée de sel marin. Le mélange, additionné d'une quantité déterminée et constante A d'alcool amylique (destiné à extraire les huiles) est agité et, après repos et décantation, on obtient une couche huileuse qui surnage et dont on mesure très exactement le volume B.

L'augmentation B-A de la couche amylique est fonction de la teneur en huiles essentielles de l'alcool essayé.

Sur **les propriétés mécaniques et thermiques de quelques nouveaux verres,** d'après MM. Winkelmann et Schott. — Analyse et critique, par M. H. Le Chatelier.

Destruction des gadoues, d'après M. Stevenson Macadam (Extrait du *Journal of the Chemical Society).*

Sur **un nouveau dérivé de la cellulose,** d'après MM. Clayton Beadle et Arthur Little (Extrait du *Journal of the Franklin Institute).*

Micromètre à coin de M. Conrad Klebe, pour la mesure des changements de volume des ciments, par M. W. Michaelis.

Note sur **les explosions des bouteilles à acide carbonique liquide,** par C. Back (Extrait du *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure).*

Circulation dans les tubes de chaudières tubulées.

Moteur à transmission hypocycloïdale de M. Chapman.

C'est une machine dont la transmission est fondée sur un principe analogue à celui du parallélogramme d'Evans et qui, d'ailleurs, a déjà été proposé souvent pour le même objet.

Régulateur direct de Mac Laren.

Frein à vapeur pour machine compound, de Bullock. Ce frein a pour objet de prévenir l'emballement des machines marines compound et des machines d'extraction du même système. Si la vitesse devient exagérée, le régulateur ferme l'admission au premier cylindre et l'évacuation des deux cylindres. La compression de la vapeur qui ne peut plus s'échapper amène le ralentissement et l'arrêt.

Pailles microscopiques dans les pièces en acier des machines, par A.-E. Seaton et J.-O. Arnold (*Institution of Naval Architects*).

Chauffage et ventilation des édifices publics, par M. Wolff (*Journal of the Franklin Institute*).

L'auteur expose les principes que son expérience l'a conduit à adopter pour le chauffage et la ventilation des édifices publics relativement à la quantité d'air à fournir, à la température dans les locaux chauffés, la chaleur fournie par les personnes et les appareils d'éclairage, l'échange de chaleur avec l'extérieur par les parois, etc.

Ces éléments sont, en général, comptés beaucoup plus largement aux États-Unis que chez nous.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Janvier 1896.

Les tramways aux États-Unis, par M. H. Tavernier, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce travail très considérable est le résultat des études faites par l'auteur au cours d'un voyage aux États-Unis, à l'occasion du Congrès d'ingénieurs de Chicago en 1893, Congrès auquel il était délégué avec plusieurs autres ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Le mémoire divise les tramways en trois catégories :

1° Les tramways à traction animale qui ont existé seuls tout d'abord, mais dont l'importance diminue chaque année ;

2° Les tramways électriques dont il existe plusieurs variétés : à fil aérien, à fil souterrain, à accumulateurs ;

3° Enfin, les tramways funiculaires dont il existe de nombreuses applications, non seulement dans les villes à sol accidenté, mais aussi dans celles qui sont construites entièrement en plaine.

Les autres systèmes de traction, vapeur, air comprimé, etc., ont une importance tout à fait insignifiante relativement à ceux-là.

Cette première partie comprend d'abord les renseignements généraux concernant l'ensemble des tramways, tels que longueur de voie, nombre de voitures en service, etc., les raisons du développement des tramways, leur répartition au point de vue du mode de traction, le matériel roulant, le prix des places, les accidents. Au sujet de ce dernier point, on

remarque que, contrairement à ce qui se passe sur les chemins de fer, sur les tramways, les accidents atteignent beaucoup plus les voyageurs que les employés, que les accidents sont plutôt moins nombreux sur les tramways que sur les chemins de fer, et enfin que les accidents de toute nature sont notablement plus fréquents sur les tramways électriques que sur les tramways à traction animale, ce qui s'explique par diverses raisons, notamment par la vitesse plus élevée.

Un second chapitre est consacré à la description sommaire des tramways de diverses villes américaines : New-York, Brooklyn, Boston, Washington, Saint-Louis, Philadelphie, Chicago, etc. Un autre s'occupe de la voie et du matériel roulant; on y trouve des renseignements détaillés sur les conditions générales d'établissement des tramways, fondations, traverses, rails, assemblage, prix des divers modes de pavage, dépenses de construction, roues, essieux, trucks, caisses de voitures, dépenses de matériel roulant, etc.

Le chapitre IV étudie les tramways à traction animale, en passant successivement en revue les questions relatives à la cavalerie, à la nourriture des chevaux, à la durée du service et au parcours journalier, aux écuries, aux dépenses d'exploitation et à leur décomposition. L'auteur fait remarquer que la traction animale est, en général, notablement moins chère sur les tramways américains qu'en France et que, par conséquent, si les Américains ont trouvé avantageux de la remplacer par la traction mécanique, le même profit pourrait, à plus forte raison, être réalisé sur beaucoup de tramways français.

Le dernier chapitre de cette partie traite des tramways électriques divisés en tramways à fil souterrain, tramways à fils aériens et tramways à accumulateurs.

Ces derniers sont très rares aux États-Unis : en fait, sur toutes les lignes mentionnées dans les comptes rendus des États de New-York, de Massachussets et de Pensylvanie, il n'y en a qu'un qui soit actionné par ce système. Le conducteur souterrain est en essai dans plusieurs endroits, mais on peut dire que c'est le fil aérien qui est pour ainsi dire le seul employé jusqu'ici.

L'auteur examine successivement les moteurs, leurs dépenses de combustible et de graissage, les dynamos, les lignes, poteaux, fils aériens, trolleys, moteurs de voitures, etc., la force nécessaire à la traction des voitures, les recettes et les dépenses d'exploitation. On y trouve traitée la question intéressante des inconvénients que présente le retour du courant par les rails pour les conduites d'eau et de gaz, et les lignes télégraphiques ou téléphoniques.

FÉVRIER 1896.

Les tramways aux États-Unis, par M. H. TAVERNIER, Ingénieur en chef des ponts et chaussées *(suite et fin)*.

Le premier chapitre de cette seconde partie est consacrée aux tramways funiculaires qui, établis pour la première fois à San-Francisco en 1873, se sont considérablement répandus aux États-Unis jusqu'en 1892, époque à laquelle leur accroissement parait avoir cessé; ils n'entrent guère en

1894 que pour 5 0/0 de la longueur totale, soit exactement 1 066 *km* pour un total de 20 168 *km*.

On passe successivement en revue : l'établissement de la voie, le câble, le grip, les poulies, les stations de force motrice, la force nécessaire, les dépenses d'exploitation, etc. Les conclusions de cet examen paraissent être que :

1° La force absorbée par les voitures seules est beaucoup moindre dans la traction funiculaire que dans la traction électrique;

2° Que la force absorbée par le câble et les poulies, étant constante, est proportionnellement d'autant moins importante que le nombre des voitures remorquées est plus considérable;

3° Que, pour les circulations peu considérables, la traction électrique l'emporte sur la traction funiculaire et que, par contre, lorsque le nombre des voitures atteint et dépasse une certaine quantité, le second mode de traction devient plus économique que le premier. Mais le prix d'établissement des tramways à câbles est très élevé.

Le dernier chapitre est consacré à la comparaison des divers modes de traction.

Il semble ressortir de cette comparaison que les deux seuls systèmes qui soient à considérer sont la traction funiculaire et la traction électrique. La première l'emporte pour la capacité de transport; mais l'auteur croit que en dehors des voies à profil accidenté et à forte circulation, la traction funiculaire a peu d'avenir en France parce que les conditions où elle serait justifiée s'y présenteront rarement, la traction électrique est donc très probablement appelée à y prendre un grand développement, avec fil aérien toutes les fois que la question d'esthétique n'aura pas une influence prépondérante, à moins que la traction par accumulateurs ne devienne moins coûteuse ou que le système par touches électriques successives ne reçoive la consécration de la pratique. Il faut encore, en outre, tenir compte du développement que peuvent recevoir divers modes de traction déjà employés tels que le système Serpollet, l'air comprimé, etc. Il est facile de concevoir que, dans une question aussi complexe et où les éléments qui la constituent varient très largement suivant les pays et les conditions d'application, les conclusions ne peuvent être bien précises et conservent forcément un caractère de généralité.

SOCIÉTÉ DES INGENIEURS ALLEMANDS.

N° 18. — *2 mai 1896.*

Exposition industrielle de Berlin en 1896. — Le bâtiment principal, par O. Leitholf.

Théorie et pratique de la technique, par Kirsch.

Concours pour le projet d'un pont-route fixe, sur le Rhin, à Worms, par W.-O. Luck *(suite)*.

Etat de la question de la fumivorité pour les chaudières à vapeur, par C. Bach.

Groupe de Hanovre. — Nouveautés dans la question des manomètres métalliques.

Correspondance. — Ventilateur Mortier.

N° 19. — *9 mai 1896.*

Exposition industrielle de Berlin en 1896. — Le château d'eau, par R. Bergfeld.

Élévations d'eau américaines, par F. Kreuter.

Concours pour le projet d'un pont-route fixe, sur le Rhin, à Worms, par W.-O. Luck *(suite)*.

Groupe de Francfort. — Question de la fumivorité des chaudières.

Variétés. — La deuxième exposition industrielle bavaroise, à Nuremberg, en 1896.

Correspondance. — Grands moteurs à gaz fonctionnant avec du gaz de chauffage.

N° 20. — *16 mai 1896.*

Machine horizontale à triple expansion de 2 000 à 2 500 *ch*, de Sulzer frères.

Elévations d'eau américaines, par F. Kreuter *(suite)*.

Les machines agricoles à la neuvième exposition de la Société allemande d'agriculture, du 6 au 10 juin 1895, à Cologne, par Grundke *(suite)*.

Distribution à tiroir simple, avec double ouverture pour l'échappement, par F.-J. Weiss.

Nouveautés dans les machines-outils, par H. Fischer.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Écoles de contremaîtres.

Correspondance. — Grands moteurs à gaz fonctionnant avec du gaz de chauffage.

N° 21. — *23 mai 1896.*

Influence de la température sur les propriétés résistantes des métaux, et particulièrement du fer, par A. Ledebur.

Installation centrale de chauffage et de ventilation des bâtiments de l'École technique supérieure de Darmstadt, par E. Reichel.

Calcul des efforts d'inertie des pièces en mouvement alternatif des machines à vapeur, par E. Wittenberg.

Groupe de Berlin. — Écoles de contremaîtres. — Nouvelles expériences sur les ondes électriques courtes.

Groupe de Cologne. — Machines élévatoires de Bâle. — Chauffage et ventilation du bâtiment de la Bourse, aux nouveaux abattoirs de Cologne.

N° 22. — *30 mai 1896.*

Station centrale d'électricité de Neu-Bydzov (Bohême), par C. Budil.

Influence de la température sur les propriétés résistantes des métaux. et particulièrement du fer, par A. Ledebur *(suite).*

État de la question de la fumivorité pour les chaudières à vapeur, par C. Bach *(fin).*

Expériences sur les voûtes par la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Influence de l'alimentation à l'eau froide sur la durée des chaudières.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Les voies navigables en Allemagne.

Bibliographie. — Dictionnaire de conversation de Brockhaus.

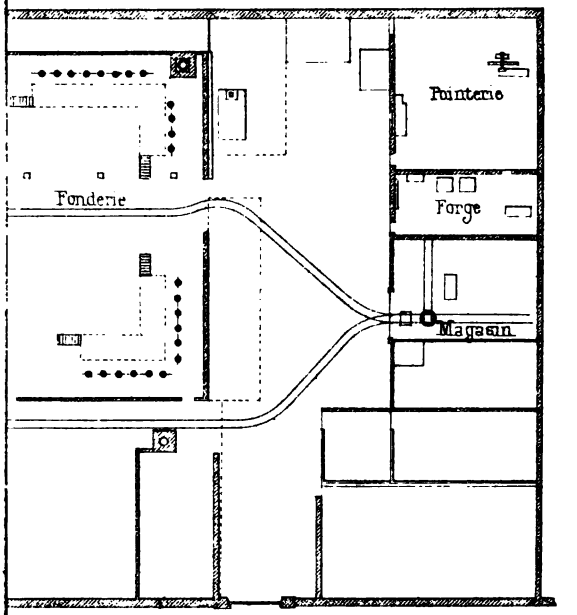
Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 10406-5-96. — (Encre Lorilleux).

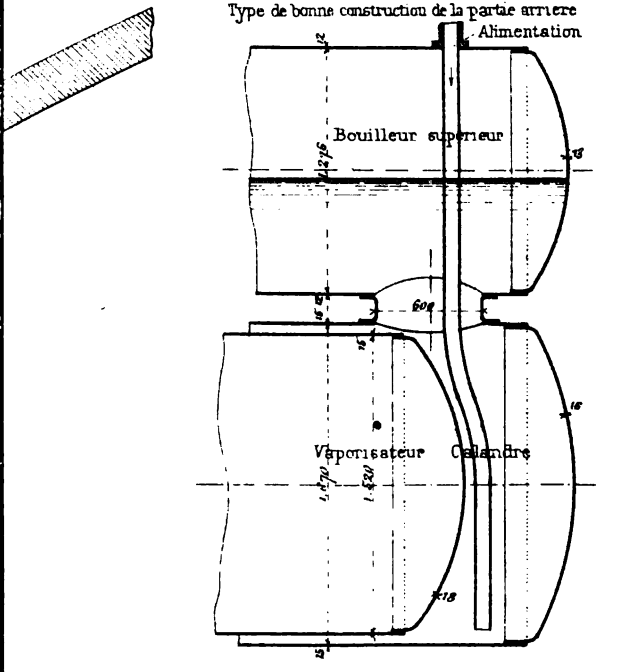
ONT (SEINE)



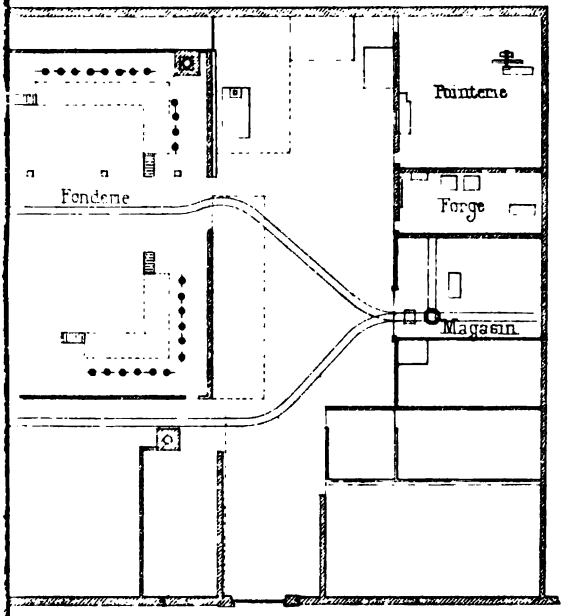
ndrique

3

Fig. 4. Chaudière à foyer intérieur amovible (1/20)
Surface de chauffe 113m.q 60



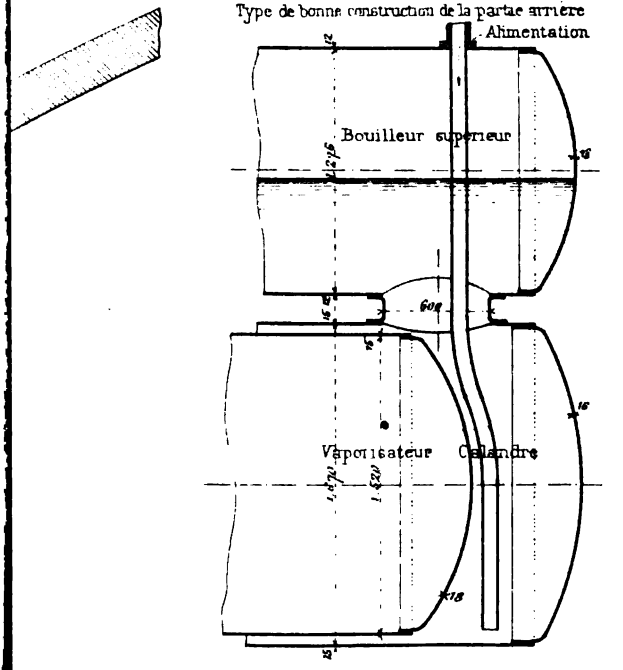
ONT (SEINE)



drique

3

Fig. 4. Chaudière à foyer intérieur amovible ($\frac{1}{10}$)
Surface de chauffe 113^{mq} 60



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1896

N° 6

Sommaire des séances du mois de juin 1896 :

1° *Décès* de MM. L. Knab, J. Pesaro, J.-L. Serment, Ph. Thézard, Ch. Monard (Séances des 5 et 19 juin), pages 780 et 793;

2° *Décorations* (Séances des 5 et 19 juin), pages 780 et 793;

3° *Prix Langlois, décerné par l'Académie française à M. E. Horn* (Séance du 5 juin), page 780;

4° *Concours agricole à Saint-Brieuc du 21 au 28 juin, organisé par la Société des Agriculteurs de France* (Programme du grand) (Séance du 5 juin), page 780;

5° *Congrès de Chambres Syndicales, Industrielles et Commerciales de France*, qui se tiendra à Paris en octobre prochain (4e). — Délégué, M. P. Gassaud (Séance du 5 juin), page 781;

6° *Exposition de Nijni-Novgorod* (Invitation faite à la Société par M. le Ministre des Finances de Russie, d'assister à l'inauguration de l'). — Délégué, M. F.-L. Caillet (Séance du 5 juin), page 781;

7° *Télégramme de sympathie de M. Belelubsky, au nom de la Société des Ingénieurs Russes, et réponse par dépêche de M. L. Molinos, Président de la Société* (Séance du 5 juin), page 781;

8° *Travaux d'alimentation d'eau et de canalisation d'égouts au Brésil.* — Communiqué de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes (Séance du 5 juin), page 781;

9° *Machines à écrire* (Les), par M. O. de Rochefort-Luçay, et observations de MM. H. Forest, E. Pérignon et P. Regnard (Séance du 5 juin), page 781;

10° *Locomotives électriques système Heilmann* (Les), par M. F.-H. Drouin, et observations de M. G. Hart. L. Molinos et H. de Grièges (Séance du 5 juin), page 784;

11° *Situation financière de la Société* (Compte rendu de la), par M. H. Couriot, Trésorier (Séance du 19 juin), page 788;

12° *Prix annuel décerné à M. J. Euverte* (Séance du 19 juin), page 792;

13° *Prix Couvreux, décerné à M. A. de Bovet* (Séance du 19 juin), page 792;

14° *Prix Giffard, décerné à M. L. Goichot* (Séance du 19 juin), page 792;

15° *Pli cacheté déposé par M. F. Guillon* (Séance du 19 juin), page 793;

16° *Nomination de MM. A. Brüll et S. Jordan comme membres de la Commission chargée de déterminer le sujet de concours pour le prix Giffard de 1899* (Séance du 19 juin), page 793;

17° *Travaux importants à exécuter à la Guyane française.* — Lettre de M. Lamadon, Directeur de l'Intérieur de la Colonie de la Guyane (Séance du 19 juin), page 793;

18° *Congrès international des pêches maritimes, aux Sables-d'Olonne, en septembre 1896.* — Délégués, MM. E. Cacheux, A. de Dax (Séance du 19 juin), page 794;

19° *Voyage en Suisse et en Autriche-Hongrie, du 18 juillet au 2 août 1896* (Rappel du), (Séance du 19 juin), page 794;

20° *Navigation sous-marine* (La), par M. G. Pesce, et observations de MM. R. Soreau et Duroy de Bruignac (Séance du 19 juin), page 794;

21° *Discussion sur le matériel naval du Japon et sur les grands croiseurs des diverses puissances*, par M. L. de Chasseloup-Laubat et G. Hart, et observations de M. P. Regnard (Séance du 19 juin), page 798.

Mémoires contenus dans le bulletin de juin 1896 :

22° *Les locomotives électriques, système J.-J. Heilmann*, par M. F. Drouin, page 807;

23° *Les machines à écrire*, par M. O. de Rochefort-Luçay, page 827;

24° *Applications des pneumatiques aux véhicules avec et sans chevaux*, par M. A. Michelin, page 846;

25° *Notice nécrologique sur M. J. de Sa é Silva*, par M. A. Thiré, page 882;

26° *Chronique* n° 198, par M. A. Mallet, page 884;

27° *Comptes rendus*, — page 895;

28° *Table des matières contenues dans la chronique du premier semestre de 1896*, page 901;

29° *Table des matières contenues dans le premier semestre du Bulletin de 1896*, page 904;

30° *Table alphabétique par noms d'auteurs des mémoires insérés dans le premier semestre, année 1896*, page 910;

31° *Planches* n^os^ 170 à 173.

Pendant le mois de juin 1896, la Société a reçu :

36147 — De M^me^ Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.) éditeurs. *Cours d'exploitation des mines, par Haton de la Goupillière. Seconde édition revue et considérablement augmentée avec la collaboration de Maxime Pellé. Tome premier* (grand in-8° de XXII-904 p. avec 498 fig. dans le texte). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36148 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Attaque des places, par E. Hennebert* (petit in-8° de 207 p.). (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1896.

36149 — Dito. *Spectroscopie, par Julien Lefèvre* (petit in-8° de 188 p.). (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1896.

36150 — De M. J.-A. Normand (M. de la S.). *Le problème de la vitesse, par J.-A. Normand* (grand in-8° de 11 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

36151 — De M. Éd. Sauvage. *Note sur l'apprentissage dans les ateliers de chemins de fer, par Éd. Sauvage* (in-8° de 31 p.). Bruxelles, 1896.

36152 — De la Compagnie du chemin de fer du Nord. *Compagnie du chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 29 avril 1896. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale.* Lille, L. Danel, 1896.

36153 — De M. O. Chanute. *The present Status of aerial navigation, by O. Chanute* (pages 47 to 58 of The Engineering Magazine and Industrial Review, vol. XI. April 1896, n° 1). New-York, 1896.

36154 — De l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. *Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. N° 8. Année 1896.* Paris, siège de l'Association, 1896.

36155 — De M^me^ Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.), éditeurs. *Mécanique, hydraulique, thermodynamique, par Georges Dariès* (in-16 de 376 p.). (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36156 — De M. Ráth Mór. *Plan de Budapest* (une feuille pliée format in-8°). Budapest, 1896.

36157 — Dito. *La Hongrie millénaire. Le passé et le présent, par Maurice Gelleri* (in-12 de 163 p.). Budapest, 1896.

36158 — *Guide du visiteur français à Budapest. Exposition du millénaire* (petit in-8° de 35 p.). Budapest, 1896.

36159 — De M. H. Vandervin. *La forme des culées des ponts, le débouché de ceux-ci, et le raccordement des culées aux rives du cours d'eau, par M. Henri Vandervin* (in-8° de 24 p. avec 3 pl.). 1895.

36160 — De la Società degli Ingègneri e degli Architetti in Torino. *Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Anno XXIX, 1895.* Torino, 1895.

36161 — De la Society of Engineers. *Society of Engineers. Transactions for 1895 and General Index 1857 to 1895.* London, 1896.

36162 — De M. Luis E. Villaseñor. *El Puerto de Veracruz. Memoria escritta para la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México, por Luis. E. Villaseñor.* Planos, 1890.

36163 — Du Chemin de fer Grand-Central Belge. *Chemin de fer Grand-Central Belge. Direction de la traction et du matériel. Compte rendu de l'exercice 1895.*

36164 — De l'Office du Travail. *La petite industrie. Salaire et durée du travail. Tome II. Le vêtement à Paris* (in-8° de 721 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36165 — De M. R. Bettig (M. de la S.). *Le « Witter » Extincteur avertisseur automatique d'incendies* (petit in-4° de 7 p.). Lille, Lebigot frères.

36166 — *De Gasmotortram volgens het Systems Lührig* (in-8° de 63 p.). Amsterdam, 1896.

36167 — De l'Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. *Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1895.* Nancy, Berger-Levrault et C^ie^, 1896.

36168 — De M. J.-M. Bel (M. de la S.). *Mission scientifique au Chili et dans le nord de la Bolivie, 1888-1889, par M. J.-M. Bel* (in-8° de 136 p. avec 3 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36169 — De la Boston Society of Civil Engineers. *Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members. May, 1896.* Boston, 1896.

36170 — De M. H. Doijer. *Nederlandsche Vereeniging voor Electrotechniek, 1895-1896, I* (in-8° de 44 p.). S'Gravenhage, 1896.

36171 — De M. Ch. Baudry (M. de la S.). *Expériences dynamométriques faites sur les dernières locomotives compound à grande vitesse de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. par H. Privat* (in-4° de 21 p. avec 8 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36172 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Les piles et les accumulateurs, par Henry de Graffigny* (in-12 de 160 p.). (Petite encyclopédie électro-mécanique, 3^e^ volume). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1896.

36173 — Dito. *Les canalisations électriques, par Henry de Graffigny* (in-12 de 160 p.). (Petite encyclopédie électro-mécanique, 4e volume). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36174 — De M. B. Tignol, éditeur. *L'ammoniaque. Ses nouveaux procédés de fabrication et ses applications, par P. Truchot* (in-16 de 367 p.). (Bibliothèque des actualités industrielles, n° 64). Paris, B. Tignol, 1896.

36175 — De M. L. Salazar (M. de la S.), *Reseña histórica y Estadistica de los ferrocarriles de juridiccion des de Agosto de 1837 hasta Diciembre de 1894* (in-4° de 180 p. avec cartes). Mexico, 1895.

36176 — De M. E. Horn (M. de la S.). *La Grande Nation 1870-71, par E. Horn* (in-12 de 340 p.). Paris, E. Plon, Nourrit et Cie, 1891.

36177 — Dito. *Jókai, par E. Horn* (in-8° de 176 p.). Paris, Paul Ollendorf, 1895.

36178 et 36179 — De M. A. Radice (M. de la S.). *Estado de Minas Geraes. Commissão Constructora da nova Capital. Revista geral de Trabalhos. Publicação periodica, descriptiva e estatistica, feita com autorisação do Governo de Estado, sob a direcção do Engeinheiro Cheife Aarão Reis, 1 Abril de 1895* (in-4° de 107 p.). 2 *Fevereiro de 1896* (in-4° de 261 p.). Rio de Janeiro, 1895 et 1896.

36180 — De la Société des charbonnages hongrois d'Urikány. *Société des charbonnages hongrois d'Urikány. Vallée du Zsil* (petit in-4° de 18 p. avec 8 pl.). Budapest, 1896.

36181 — De la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes. *Constructions suisses, publiées par la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes. 1re livraison* (grand in-folio de 7 p. avec 11 pl.). Zurich, 1896.

36182 — De M. E.-A. Outerbridge. *The Mobility of Molecules of Cast-Iron, by E.-A. Outerbridge* (in-8° de 10 p.). 1896.

36183 — Dito. *Impressions upon Cast-Iron Surfaces from Lace Embroideries Fern Leaves, etc., by W.-J. Keep* (in-8° de 6 p.).

36184 — De MM. P. Jannettaz et Goldberg (M. de la S.). *Dureté des matières vitreuses et cristallisées, déterminée au moyen de l'usomètre, par MM. P. Jannettaz et Goldberg* (in-8° de 9 p.). Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1896.

36185 — De la Société civile des Mines de bitume et d'asphalte du Centre. *Notice sur les pavés d'asphalte comprimé. Fabrication et mode d'emploi* (grand in-8° de 16 p.). Paris, E. Pigelet.

36186 — De Mme Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.), éditeurs. *Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics. Voie publique, par Georges Lefebvre* (in-16 de 520 p.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36187 — Du Ministère des Travaux Publics. *Bulletin de statistique et de législation comparée. Tables des matières contenues dans les volumes I à XXX (Années 1880-1894)* (in-8° de 21 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

36188 — De M. R. Abt (M. de la S.). *Beirut-Damaskus. Kombinierte Adhäsions-und Zahnradbahn, von Roman Abt* (in-8° de 48 p.). Zürich. 1896.

36189 — De M. F. Ranieri. *Del Metodo grafico in alcune questioni di Scienza delle Costruzioni. Nota dell Ing. Filippo Ranieri* (in-8° de 87 p. avec 1 pl.). Roma, 1895.

36190 — Dito. *Studio di travi elastiche rettilinee. Nota dell'Ing. Filippo Ranieri* (in-8° de 36 p. avec 1 pl.). Roma, 1896.

36191 à 36194 — Du Gouvernement Tunisien. *La Tunisie, tomes I et II. Histoire et description, tomes I et II. Agriculture. Industrie. Commerce.* (4 volumes in-8°.). Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^ie^, 1896.

36195 — De M. Édouard Simon (M. de la S.). *Exposition universelle internationale de Lyon, en 1894. Rapport fait au nom du Jury de la Classe 41, par M. Edouard Simon* (in-12 de 46 p.). Paris, Edmond Rousset.

36196 — *Bibliothèque nationale. Département des imprimés. Liste des périodiques étrangers. Nouvelle édition* (in-8° de 178 p.). Paris, C. Klincksieck, 1896.

36197 — *Bibliothèque nationale. Département des imprimés. Répertoire alphabétique des livres mis à la disposition des lecteurs dans la salle de travail, suivi de la liste des catalogues* (in-8° de XXII-196 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36198 et 36199 — *Deuxième supplément au Dictionnaire de Chimie pure et appliquée de Ad. Wurtz, publié sous la direction de Ch. Friedel. 26e et 27e fascicules*. Paris, Hachette et C^ie^, 1896.

36200 — *Encyclopédie Roret. Bibliothéconomie ou Nouveau Manuel complet pour l'arrangement, la conservation et l'administration des bibliothèques, par L.-A. Constantin* (in-18 de 266 p., avec 2 pl.). Paris, Roret, 1841.

36201 — De l'École spéciale d'Architecture. *École spéciale d'Architecture. Concours de sortie de 1896. Projet de Maison des roses* (une feuille petit in-4°). Paris, Delalain frères, 1896.

36202 — De M. A. Nançon (M. de la S.). *Petite Géographie des Colonies françaises, par Alfred Nançon* (in-12 de 184 p.). Arras, Répessé, Crépel et C^ie^, 1891.

36203 — Dito. *L'héritage du cousin Taponnat, par Alfred Nançon* (in-18 de 481 p.). Péronne, Recoupé, 1893.

36204 — Dito. *A.-E. Nordenskiold. Notre expédition au pôle Nord et la découverte du passage du Nord-Est. Ouvrage illustré de nombreuses gravures d'après les documents authentiques. Publié par Alfred Nançon* (grand in-8° de 310 p.). Paris, Maurice Dreyfous et M. Dalsace.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin 1896, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

F. de Alvarenga-Peixoto, présenté par MM. Betim Paës Leme, Teixeira-Soares, de Dax.

E. Ancora Lins de Vasconcellos, — Betim Paës Leme, Teixera-Soares, de Dax.

J. Barbosa-Gonçalves, — Betim Paës Leme, Teixera-Soares, de Dax.

G. Bouquillon, — Anceau, Pommier, Delaporte, G.

P. Calopa, — Llatas, de Madrid-Davila, Serrat y Bonastre.

Th. Cambier, — Anceau, Pommier, Delaporte, G.

L.-M.-R. Courtois, — Gigot, Euchêne, Chambrelent.

M. David, — Pajot, Desforges, de Janzé.

P. Dubiau, — Walther-Meunier, E. Schmidt, L. Olivier.

L. Dulac, — Jannettaz, Marboutin, Mathieu.

E.-B. Ellington, — Chapman, Oughterson, Vaslin.

Ch.-F. Gaillard, — Jannettaz, Marboutin, Ruchonnet.

P.-F.-M. Grundeler, — Baignères, Dumont, Gassaud.

J.-Y.-P. Guédon, — Anceau, Pommier, Delaporte, G.

J.-B.-Ch.-H. Hubert, — Anceau, Pommier, Delaporte, G.

H.-M.-L. Husson, — de Laborie, J. Gaudry, Baignères.

P.-J. Lamolle, — Dumont, Baignères, Hubou.

E. Maire, — Walther-Meunier, Desjuzeur, L. Olivier.

G. Pouquet, — Walther-Meunier, Desjuzeur, L. Olivier.

M. Ramos da Silva, — Betim Paës Leme, Teixeira-Soares, de Dax.

Th. Schlumberger, — Walther-Meunier, Desjuzeur, L. Olivier.

A.-A. Seigle, — de Mestral, Béliard, Fontaine.

M. Seurat, — L. Rey, Grouvelle, Carénou.

L. Montel, — Grosselin, Jullin, Zaborowski.

Comme Membre associé, M. :

A.-G. Larionoff, — Fischer, Delmas, Dumont.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 JUIN 1896.

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part à la Société du décès de :

M. L. Knab, Expert près le Conseil de préfecture de la Seine et Directeur de la verrerie de Folembray (Aisne) ; membre de la Société depuis 1877.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

M. Abel Couvreux, comme chevalier de la Légion d'honneur ;

M. J. Armand Olive, comme officier de l'Instruction publique ;

M. A. Mesnard, comme officier d'Académie ;

M. Périchon, comme chevalier du Mérite agricole.

L'Académie française vient de décerner le prix Langlois, destiné à la meilleure traduction, en vers ou en prose, d'un ouvrage grec, latin ou étranger ; elle l'a partagé entre trois auteurs dont le premier est notre Collègue, M. É. Horn, pour sa traduction des *Nouvelles* de Jokai.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, laquelle sera publiée à la suite du procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT a reçu de M. J. Morandiere, notre collègue du Comité, le programme général du grand concours agricole organisé à Saint-Brieuc, du 21 au 28 juin, par la Société des Agriculteurs de France, et, en même temps, le programme spécial d'essais de précision qui auront pour but de déterminer les efforts absorbés par divers appareils de laiterie et de teillage.

Ces programmes sont à la disposition de nos Collègues au Secrétariat de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le 4e Congrès des Chambres syndicales Industrielles et Commerciales de France se tiendra à Paris au mois d'octobre prochain. Le programme est au Secrétariat, à la disposition de nos collègues qui désireraient prendre part à ce Congrès comme délégués de notre Société.

M. P. Gassaud a accepté les fonctions de délégué.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société que M. le Ministre des Finances de Russie a bien voulu, par l'intermédiaire de M. Raffalovich, son représentant à Paris, adresser à la Société des Ingénieurs Civils de France une invitation pour visiter l'Exposition de Nijni-Novgorod et assister à l'inauguration qui a lieu le 9 courant.

Notre collègue, M. F.-L. Caillet, en ce moment à Moscou, a accepté la mission de représenter la Société en cette circonstance, et de préparer un rapport sur ce qu'il aura vu pouvant intéresser la Société; nous lui adressons d'avance nos remerciements.

La Société a reçu, d'autre part, de M. Belelubsky, au nom de la Société des Ingénieurs Russes, un télégramme de sympathie auquel il a été immédiatement répondu au nom de la Société des Ingénieurs civils de France.

M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes d'après les renseignements qui lui sont fournis par M. Ritt, Consul de France à Saint-Paul informe la Société que des travaux d'alimentation d'eau et de canalisation d'égouts ont été décidés par la ville de Curityba, capitale de l'Etat de Parana (Brésil). Ces travaux sont évalués à environ 3 500 000 francs.

D'autres villes assez importantes, Jaboticabal, San Carlos do Pinal, Campinas, etc. vont être également l'objet de grands travaux d'assainissement (spécialement adduction d'eau et égouts) dont le devis peut être évalué de 4 à 5 000 000 francs.

Notre Consul estime qu'il y aurait lieu, dès maintenant, pour nos industriels, en présence des bonnes dispositions des autorités locales, de se syndiquer pour envoyer dans le pays un représentant qui pourrait étudier ces divers travaux et traiter, le moment venu.

MM. Marchais, agent consulaire de France à Parana, Siméon Bloch, entrepreneur, et Coureau, directeur des chemins de fer, sont à la disposition des industriels français pour renseignements complémentaires sur les travaux à exécuter dans le Parana ; et M. Ritt, consul de France à Saint-Paul, et MM. Rebouçao, Freire et Louis Guilhem, ingénieurs, en ce qui concerne les autres travaux pouvant être mis en adjudication.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. O. de Rochefort-Luçay pour sa communication sur *les Machines à écrire.*

M. O. DE ROCHEFORT-LUÇAY retrace les origines des machines à écrire : les premières ont été construites pour l'usage des aveugles.

Le premier brevet a été pris par un Anglais, Henri Mille, le 17 janvier 1714, et aux États-Unis, en juillet 1829, W. Austin fit breveter la première machine américaine.

En 1833. Xavier Progrin, de Marseille, imagina de placer les types sur des leviers indépendants, l'encrage se faisant par tampon encré, sur

lequel les types reposent normalement. Ces dispositions ont été imitées par quelques-uns des inventeurs des machines actuelles.

M. de Rochefort-Luçay fait ensuite la description de la machine américaine de Charles Thurber. Cet inventeur a, le premier, donné la forme du rouleau des machines modernes. L'impression était bonne, mais trop lente; c'est le type des machines à double mouvement.

Viennent ensuite les machines d'Eddy, en 1850, et de Jones Clyde, en 1852. Sur cette dernière apparaît pour la première fois le chariot mobile supportant le rouleau porte-papier, si employé depuis.

En 1856, machine américaine de Bach, encrage à ruban; la machine, à types sur leviers séparés, ne pouvait écrire que sur une bande étroite de papier, comme dans les télégraphes imprimeurs.

Machine du Dr S.-W. Francis, de New-York, en 1857; elle semble être la première ayant donné un travail régulier assez rapide.

M. de Rochefort-Luçay cite ensuite la machine de M. G. House, de Buffalo, inventée en 1865, qui présente une fenêtre guide-types, disposition imitée sur quelques machines modernes.

La machine importante de Thomas Hall, de New-York, donnait un avancement du chariot proportionnel à la largeur de la lettre à imprimer; l'encrage était à ruban. La construction industrielle en a été abandonnée par suite de divergences de vues, entre les associés, pour son exploitation.

En 1867, l'Américain John Pratt fait breveter une machine de principe nouveau qu'il appelle Ptérotype. M. de Rochefort-Luçay fait rapidement la description de cette machine : les types sont en relief sur une plaque, sur laquelle le papier est appliqué par un coup d'un petit marteau, situé à l'arrière. Dans un second modèle l'inventeur remplace la plaque par un secteur. C'est la première machine à barillet porte-types animé de deux mouvements et à marteau. Des machines modernes portent cette disposition.

La machine à écrire entre dans le domaine de la pratique avec la machine de Sholes. M. de Rochefort-Luçay fait la description de cette machine brevetée le 23 juin 1868; construite par la maison Remington, qui lui donne son nom, elle est mise sur le marché en 1875.

Un des anciens modèles de la Remington est exposé sous les yeux de la Société.

Les machines de nos jours de l'espèce à types sur leviers séparés dérivent de la machine de Sholes, dite Remington.

De 1875 à mars 1896, 450 000 machines à écrire à grande vitesse ont été construites; elles représentent 150 millions de francs. Les machines à grande vitesse se ramènent à trois genres différents : machines à types sur leviers séparés dont la Remington est un exemple; machines à barillet porte-types et à marteau postérieur dont l'origine est la seconde machine Pratt; machines à barillets porte-types à action directe, ces machines ont fait leur apparition en dernier lieu. En 1891, Blickensderfer de Stamford (Conn.) fait breveter une machine du troisième genre.

M. Rochefort donne la description complète des organes et du mode de fonctionnement de cette machine à écrire nouvelle, connue en France sous le nom de « Dactyle ».

Elle donne 84 caractères, l'écriture est visible, elle ne pèse que 3 *kg*.

Les machines à grande vitesse modernes se rattachent toutes à ces trois genres, à l'exception de quelques inventions, qui ne sont pas dans la pratique.

Les machines les plus connues sont les suivantes classées par genre :

Premier genre à type sur leviers séparés :

Remington, Calligraphe, Densmore, Franklin, Bar-Lock, International Merrit, Smith Premier, Yost et William.

Deuxième genre à secteur porte-types et marteau postérieur :

Hammond, Munson.

Troisième genre à barillet à action directe :

Dactyle (Blickensderfer aux États-Unis) et Crandall.

Machines à deux mouvements : Nous citerons la machine d'Edison ou miméoclicheur et la machine de Hall.

Il existe enfin quelques machines reposant sur des principes différents :

Writing Ball ou sphère écrivante.

Machine à écrire pneumatique. Le gant écrivant.

Phonographe enregistrant ou phonautographe de Rumble.

M. de Rochefort-Luçay termine sa communication en faisant la comparaison des vitesses de la parole, de la sténographie, de la machine à écrire et de la plume.

Un Hongrois a récité 500 mots à la minute pendant 40 minutes.

En français la moyenne est de 172 mots.

Le champion du monde pour la sténographie a fait 250 mots à la minute pendant 5 minutes en anglais. Une bonne vitesse est 125 à 160 mots, en français.

En dactylographie, le 14 avril 1895, R.-J. Ludcow a fait, sous la dictée, 201 mots à la minute en moyenne pendant 57 minutes. C'est, du moins, ce que rapportent les journaux américains. M. de Rochefort-Luçay tient à le faire remarquer, ne voulant rien affirmer personnellement à ce sujet.

La vitesse ordinaire est de 40 à 50 mots à la minute, ou six pages format commercial à l'heure.

Dans l'écriture à la main, l'écriture commerciale est de 20 mots environ. En écriture déchiffrable et sans aucune abréviation peu de personnes peuvent atteindre 40 mots.

M. de Rochefort-Luçay fait remarquer tout l'intérêt des machines à écrire au point de vue social, l'importance des salaires des employés femmes et hommes sténographes dactylographes; et il termine par un tableau statistique des machines à écrire aux États-Unis où 150 000 machines sont en usage.

Les machines s'emploient soit directement, soit par l'intermédiaire de la sténographie ou du téléphone. On commence à s'en servir en Europe, et les Français en font de plus en plus usage.

M. H. Forest fait remarquer que M. de Rochefort a indiqué le phonographe enregistreur comme une invention récente; cependant à l'Exposition d'Electricité en 1881, il en existait un premier embryon inventé

par un Français, M. le docteur Boudet, qui utilisait un style relié à la plaque de l'appareil et en traduisait les vibrations par une série de caractères ou signes tracés sur une bande de papier qui se déroulait comme dans un télégraphe Morse.

Quelques syllabes, il est vrai, étaient nettement définies, mais pour la plupart, les indications restaient encore incertaines.

Néanmoins, l'appareil fonctionnait en 1881, comme il a pu le constater.

M. E. Pérignon demande si l'on a trouvé le moyen de faire disparaître le défaut provenant de l'égalité de largeur de toutes les lettres, les *m* en particulier.

M. O. de Rochefort-Luçay répond que cette question est aujourd'hui à peu près abandonnée à cause de l'excès de complication de mécanisme qu'entraîne sa solution, vivement recherchée à l'origine. Ce que l'on recherche dans l'écriture à la machine, c'est d'avoir l'écriture très lisible mais non l'élégance typographique. On fabrique, d'ailleurs, aujourd'hui des caractères fondus qui imitent les caractères des machines. Cependant si l'on trouvait la solution recherchée au début, ce serait un progrès.

M. P. Regnard remarque que M. de Rochefort a fait allusion à la machine de Hall en la classant dans la catégorie des machines à deux mouvements. En réalité, il n'y en a qu'un, car cette petite machine se manœuvre d'une seule main, et même avec un seul doigt. Le cadre-guide porte ordinairement quatre-vingt-une cases, mais en les réduisant aux vingt-cinq strictement utiles pour former un alphabet, il semble que ce doive être la machine la plus facile à manœuvrer pour un aveugle.

M. Regnard a vu fonctionner, en 1876, une des premières machines à écrire du système Remington, qu'il a expérimentée à l'Exposition de Philadelphie; il avait dès lors prévu, sans l'espérer aussi rapide qu'il ressort des chiffres cités par M. de Rochefort dans son très intéressant exposé, le grand succès réservé à cette remarquable invention.

Quant à la machine à écrire en sténographie, elle existe, et il en figurait une dans la section italienne de l'Exposition de 1878, sous le nom de machine Michela; elle sténographiait dans toutes les langues, et une personne exercée pouvait, en entendant parler en français, en anglais ou en russe, sténographier sans comprendre et répéter ultérieurement, d'après les signes imprimés sur son papier, ce qu'elle avait entendu. Cette machine frappait des types sténographiques en relief, et c'est en partant de cette invention que M. Cassagnes, notre regretté Collègue, est arrivé à construire son sténotélégraphe.

M. le Président remercie M. de Rochefort de sa communication qui a vivement intéressé l'assemblée.

Il donne ensuite la parole à M. F.-H. Drouin pour sa communication sur *les Locomotives électriques système Heilmann*.

M. F.-H. Drouin rappelle sommairement la description de la première locomotive Heilmann, et fait projeter des photographies de la machine et de ses divers organes.

Cette locomotive a été essayée en 1893-94 sur les voies de la Compagnie de l'Ouest. Elle a pu démarrer en courbe d'aiguille et remorquer à faible vitesse des trains de 420 *t*. Les essais les plus importants ont eu lieu entre le Havre et Beuzeville, puis entre Paris et Mantes. La locomotive a remorqué, soit des trains d'expérience, soit des trains du service, dont les poids ont varié de 60 à 200 *t*. La vitesse maxima constatée a été de 108 *km* à l'heure. A toutes les vitesses, la stabilité est parfaite et dépend uniquement de l'état de la voie. L'effort de traction, enregistré au fourgon dynamométrique, est plus continu que celui d'une locomotive à vapeur. Enfin, la machine s'est montrée économique, des trains rapides ayant été conduits avec une consommation inférieure à 4 *kg* de charbon par kilomètre.

Deux nouvelles machines sont en construction pour la Compagnie de l'Ouest. Elles se différencient de la précédente par les perfectionnements suivants :

Augmentation de la puissance (la machine à vapeur doit développer 1 350 *ch* indiqués);

Amélioration de la suspension des moteurs;

Emploi d'un nouveau type de machine à vapeur;

Modification dans les appareils de manœuvre.

La chaudière est du type ordinaire de locomotive. Sa surface de chauffe est 180 m^2, sa surface de grille 3,3 m^2.

La machine à vapeur étudiée et construite par MM. Willans et Robinson, est à simple effet, à six manivelles; elle a été précédemment décrite par M. de Grièges.

M. Drouin rappelle à ce propos, que la question de l'équilibrage dans les machines pilon à 3 et à 6 manivelles a été reprise analytiquement, en 1895, par M. le capitaine Sankey, qui a démontré que la somme des forces horizontales d'inertie est nulle, mais qu'il subsiste une légère perturbation verticale dont la valeur approchée est, pour une machine à 3 lignes de cylindres, 0,000125 de la force verticale maxima d'une ligne (le rapport de la longueur de la bielle au rayon de la manivelle étant supposé égal à 5).

Comme dans la première locomotive, la machine à vapeur travaille à admission constante et à vitesse variable.

Elle commande directement deux génératrices à courant continu, à 450 volts, excités par une petite dynamo spéciale mise en mouvement par une machine à vapeur de 28 *ch*.

Les moteurs sont fixés au châssis du bogie, et attaquent l'essieu par une transmission élastique.

Les appareils de manœuvre sont en double, pour permettre à la locomotive de fonctionner dans les deux sens.

La puissance de ces locomotives est de 1 000 *ch* à la jante des roues. En supposant que la locomotive emporte 20 *t* d'eau, le rendement en palier et à la vitesse de 100 *km* est d'un peu moins de 50 0/0 (rapport du travail utilisable à la barre d'attelage, au travail indiqué aux cylindres). Le rendement du mécanisme proprement dit, c'est-à-dire le rapport du travail effectif aux jantes, au travail indiqué aux cylindres, est de 75 0/0 et se maintient sensiblement constant entre de larges limites de vitesse.

Ces nouvelles machines seront susceptibles de remorquer en palier et à 100 *km* à l'heure, 350 *t* de matériel à bogies.

M. G. Hart désirerait voir préciser les chiffres de consommation du charbon; il croit que, jusqu'à présent, l'avantage économique reste à la machine à vapeur. Il a entendu parler comme consommation moyenne du chiffre de 6 *kg*, mais quelle était la charge remorquée et quelle était la vitesse? Les machines du Nord consomment 10 *kg* et remorquent 180 *t* et la marche moyenne est de 82 à 83 *km* à l'heure.

M. Drouin fait remarquer que le tableau qui est affiché se rapporte à des trains d'environ 80 *t* à une vitesse commerciale d'environ 60 *km*. Ces consommations ont été relevées sur des trains ayant la même marche que les trains rapides de Paris à Mantes.

Du reste, cette première machine s'est trouvée dans des conditions défavorables : elle avait une faible puissance spécifique, par rapport aux autres machines. Elle pesait 115 à 120 *t* et ne pouvait développer que 450 *ch* aux jantes, tandis que les autres machines pourront développer 1 000 *ch* aux jantes.

M. le Président estime que le chiffre de 6 *kg* étant une moyenne entre la consommation des premières et des dernières expériences, il n'y a pas lieu de s'y attacher, les chiffres allant en diminuant; dans les derniers essais la consommation indiquée a été, non de 6 *kg*, mais 3,9 *kg;* elle semble devoir s'abaisser encore par la suite, d'après ce qu'espère M. Drouin.

Mais M. le Président désirerait faire préciser quelles sont les modifications qui, dans la nouvelle machine auront permis, sous un même poids de machine, d'élever continuellement la puissance.

M. Drouin répond que c'est tout un ensemble de détails de construction; la puissance spécifique de la machine à vapeur est à peu près la même; mais il y a un grand allégement pour la chaudière; la chaudière actuelle est plus légère que la première et a cependant une puissance presque double.

M. G. Hart remarque que la nouvelle machine pèse 120 *t* pour 1 200 *ch*, soit 100 *kg* par cheval; tandis que les dernières machines de M. Normand pèsent 16 *kg* par cheval.

M. Drouin observe que la locomotive comprend, outre les machines à vapeur, le châssis, les bogies, en un mot tout un véhicule, et de plus un double matériel électrique de même puissance que les machines motrices. Enfin, la machine à vapeur de la locomotive Heilmann est dans de meilleures conditions que celles des torpilleurs : on admet sur un torpilleur ce qu'on n'admettrait pas sur une locomotive.

On aurait pu avoir une machine à vapeur beaucoup plus légère, en la construisant à double effet. On a tenu à avoir des efforts toujours dans le même sens et on a été guidé par des raisons pratiques d'entretien facile; la machine tourne ainsi très longtemps sans qu'on touche aux coussinets.

Les considérations d'équilibre absolu conduisent à avoir toujours un plus grand nombre de cylindres ce qui contribue également à augmenter un peu le poids.

M. Drouin annonce que les essais de la machine nouvelle auront lieu dans le courant de l'année et probablement vers la fin du mois d'août.

M. H. DE GRIÈGES FILS dit que les essais faits par la Compagnie de l'Ouest ne correspondent qu'à de faibles parcours, aussi les chiffres de consommation ont-ils été indiqués, sous toutes réserves, dans les rapports faits au Congrès des Chemins de fer.

M. G. HART note que ces chiffres se rapportent à l'emploi de la briquette.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Drouin de sa très intéressante communication et souhaite le plus grand succès aux essais qui vont être entrepris et qui, à tous égards, présentent tant d'intérêt.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. E. de Alvarenga-Peixoto, F. Ancora Lins de Vasconcellos, J. Barbosa Gonçalves, G. Bouquillon, Th. Cambier, L.-M.-R. Courtois, M. David, P. Dubiau, L. Dulac, E.-B. Ellington, Ch.-F. Gaillard, P.-F.-M. Grundeler, J.-Y.-P. Guedon, J.-B.-Ch.-H. Hubert, H.-M.-L. Husson, J.-P. Lamolle, E. Maire, G. Pouquet, M. Ramos da Silva, Th. Schlumberger, A.-A. Seigle et M. Seurat comme membres sociétaires et de M. A.-G. Larionoff comme membre associé.

MM. P. Calopa et L. Montel sont reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures moins le quart.

PROCÈS-VERBAL

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE SEMESTRIELLE

DU 19 JUIN 1896 (1).

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

La Société étant réunie en Assemblée générale conformément à l'article 16 des Statuts, pour entendre le compte rendu de la situation financière, M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. H. COURIOT, Trésorier, pour la lecture de son rapport.

SITUATION AU 1er JUIN 1896

MESSIEURS,

Le nombre des Sociétaires était au 1er décembre 1895, de. . .	2 581
Du 1er décembre 1895 au 1er juin 1896, les admissions ont été de	172
formant un total de	2 753
dont il faut déduire par suite de décès, démissions et radiations.	77
Le total des membres de la Société au 1er juin 1896 est ainsi de.	2 676

Il a par suite augmenté de 95 pendant le premier semestre.

Je suis tout d'abord heureux de saluer cette augmentation si considérable du nombre de nos membres, augmentation telle que jusqu'à ce jour votre Trésorier n'a pas encore eu la satisfaction d'en enregistrer une semblable et qui est, pour la plus grande partie, le résultat de l'activité infatigable de notre très sympathique Président qui, par ses démarches incessantes, s'efforce d'accroître le recrutement de nos membres.

Cet accroissement est bien précieux à constater au moment où notre Société peut espérer prendre un nouvel essor en raison des avantages que ses membres trouveront dans l'hôtel qu'elle édifie rue Blanche; et j'ai le devoir de remercier ici, tout d'abord, notre Président, qui, secondé par beaucoup de nos Collègues répondant à son appel, a provoqué de nombreux enrôlements dans notre Société et nous a procuré, par suite,

(1) Voir le compte rendu de la séance bimensuelle ordinaire, page 154.

les recettes supplémentaires qui en ont été la conséquence au cours de ce semestre.

Notre liste de Sociétaires contient onze nouvelles exonérations, celles de MM. H. Doat, A. Durœux, P.-M. Fauquier, E. Gauthey, G. Guillemin, L.-H. Jarre, E. Javaux, L.-M. Lambert, M. Lonquéty, P. Schneider, J.-A. Schœn.

Enfin, nous avons recueilli, d'un certain nombre de membres nouveaux, des donations importantes, dont je tiens à les remercier, ce sont celles de :

MM.	A. Cercelet, donateur de	100 *f*
	G. Filleul-Brohy, —	500
	E. Gauthey, —	200
	L. Gonin, —	25
	A. Grosdidier, —	140
	Ch. de Tscharner, —	50
	E.-A. Ziffer, —	20

Nous traversons, Messieurs, une période de transformation qui fait que nos comptes ne peuvent vous être présentés dans la forme adoptée jusqu'à ce jour; la vente de notre ancien hôtel, l'achat d'un terrain rue Blanche, les paiements faits pour les constructions qui s'y édifient, la réalisation d'un emprunt de 500 000 *f*, nécessaire pour mener à bien la construction du nouvel hôtel, en un mot, tout l'ensemble des opérations en cours d'exécution ne nous permettent pas de vous soumettre un compte de recettes et dépenses établi comme à l'ordinaire; d'ailleurs, dressé comme par le passé, ce compte vous renseignerait même inexactement sur la marche de nos opérations, car les paiements faits par chèques ou par virements n'y figureraient pas et le compte serait, par suite, forcément incomplet, alors que le Bilan que nous vous présentons vous édifiera beaucoup plus rigoureusement sur l'état de nos ressources et sur les emplois dont elles ont été l'objet au cours du semestre.

Notre Bilan au 31 mai peut, dans ses grandes lignes, se résumer comme suit :

A l'actif figurent :

Le mobilier . . . . . Fr.	6 500	»
Notre fonds inaliénable	85 994	,80
La caisse	4 388	,83
La bibliothèque	8 404	,65
Notre portefeuille représenté par 175 obligations du Midi.	81 289	»
Nos débiteurs divers (Banquiers et comptes de dépôt) . .	404 891	,65
La souscription Flachat	32 584	,42
Enfin l'achat d'un terrain rue Blanche et les dépenses engagées à ce jour pour la construction de l'hôtel que nous sommes en train d'y édifier	422 545	,30
TOTAL DE L'ACTIF . . . . . Fr.	1 046 598	,65

Au passif sont portés :

Nos créanciers habituels pour impressions, etc. . . Fr.		7 031,01
Le monument Flachat		32 584,42
Les prix divers échus ou en cours		8 836 »
Notre emprunt		500 000 »
La valeur afférente aux coupons (1er semestre)		8 314,40
Le fonds de secours		165,40
Les créanciers pour travaux faits dans le nouvel hôtel . .		5 300 »
Notre avoir fin mai		484 367,42
Donnant un total égal à celui de l'actif de . . . . . Fr.		1 046 598,65
L'Avoir de notre Société à ce jour s'élève ainsi à . . Fr.		484 367,42
alors qu'il était au 1er décembre 1895 de		473 490,04
Il a ainsi augmenté durant le semestre de . . . . . Fr.		10 877,38

Ce qui établit que notre situation financière continue à être prospère.

Notre Bilan relate l'importance de nos disponibilités.

Notre Portefeuille, valeur d'achat, figure en effet pour Fr.		81 289 »
Nos débiteurs divers pour		404 891,63
La caisse pour		4 388,83
Formant un total de ressources de. . . . . Fr.		490 569,48
indépendamment d'une somme de 85 994,80 *f* représentant les valeurs affectées au service des prix décernés par la Société.		
Nos créanciers divers donnent un total de		29 646,81
laissant une somme liquide à ce jour de . . . . . Fr.		460 922,67

Vous voyez que notre Société, bien qu'ayant payé déjà 422 545,30 *f* pour l'achat de son terrain et l'exécution des premiers travaux faits sur celui-ci, dispose encore de ressources importantes pour mener à bien l'œuvre entreprise.

Je ne veux pas clore ce rapport sans remercier les nombreux Collègues qui ont spontanément envoyé le montant de leur cotisation annuelle à la Société ; l'obligeant empressement avec lequel plus de la moitié de nos Collègues se sont acquittés cette année, par un payement direct au siège social, a non seulement accru nos disponibilités, mais a fait réaliser à la Société une économie de 450 *f*, au cours du premier semestre, sur ses frais de recouvrement habituels, et dans une année chargée de dépenses comme l'est celle que nous traversons, votre Trésorier remercie bien vivement tous ses Collègues du concours qu'ils ont ainsi donné à l'œuvre d'économie à laquelle il a le devoir de se consacrer.

BILAN AU 31 MAI 1896

ACTIF

Mobilier	Fr.	6 500 »
Fonds inaliénable :		
a. Legs Meyer (nue propriété)	Fr. 10 000 »	
b. Legs Nozo 19 obligations du Midi	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0	3 730 »	
e. Fondation Coignet » »	4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		85 994,80
Bibliothèque :		
Reliures, corps de Bibliothèque	Fr.	8 404,65
Caisse :		
Solde disponible		4 386,83
Portefeuille :		
175 obligations du Midi		81 289 »
Débiteurs divers :		
Cotisations 1895 et années antérieures (après réduction de 50 0/0) Fr. 3 946 »		
Cotisations 1896 4 824 »		8 770 »
Banquiers et comptes de dépôts	Fr. 330 996,65	
Débiteurs sur Emprunt	65 125 »	
		404 891,65
Souscription Flachat	Fr.	32 584,42
Immeuble :		
Terrain Fr. 368 479 »		
Frais d'achat 30 181,30		398 660,30
Charpente	Fr. 1 560 »	
Terrasse	10 375 »	
Maçonnerie	11 950 »	
		422 545,30
	Fr.	1 046 598,65

PASSIF

Créditeurs divers :		
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours, évalués à	Fr. 6 676,06	
Enregistrement	354,95	
		7 031,01
Prix divers 1896 et suivants :		
a. Prix annuel	Fr. 400 »	
b. Prix Nozo	684 »	
c. Prix Giffard 1896	6 801,60	
d. Prix Michel Alcan	171 »	
e. Prix Couvreux	554,40	
f. Prix Coignet	225 »	
		8 836 »
Monument Flachat	Fr.	32 584,42
Emprunt		500 000 »
Coupons (valeur afférente au premier semestre)		8 314 40
Fonds de secours		165,40
Immeuble :		
Charpente	Fr. 300 »	
Terrasse	2 500 »	
Maçonnerie	2 500 »	
		5.300 »
	Fr.	562 231,23
Avoir de la Société		484 367,42
	Fr.	1 046 598,65

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes.
Les comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il est certain d'être l'interprète de tous ses Collègues en demandant à l'Assemblée d'adresser des remerciements à M. Couriot pour le zèle qu'il ne cesse d'apporter dans ses fonctions de trésorier.
Ces remerciements sont votés par acclamations.

M. LE PRÉSIDENT dit que, dans cette séance doivent être proclamés les noms des lauréats des prix décernés par la Société et qui sont, cette année, au nombre de trois. Le Prix Annuel, le Prix A. Couvreux et le Prix Giffard.

En ce qui concerne le Prix Annuel, le jury a eu à examiner un grand nombre de mémoires qui, tous, présentaient de l'intérêt à divers titres. Après un examen approfondi, le jury a fixé son choix sur le travail de M. J. Euverte, relatif à *la métallurgie de l'acier et du fer aux Expositions universelles de 1889, à Paris, et de 1894, à Lyon.*
M. le Président remet à M. J. Euverte la médaille du Prix Annuel. *(Applaudissements.)*
M. Euverte remercie M. le Président.

Le Prix A. Couvreux doit, conformément au Règlement, être décerné à un mémoire réunissant certaines conditions spéciales.
Il a paru au Jury que parmi les mémoires présentés, celui de M. A. de Bovet, sur *la traction mécanique des bateaux, touage électro-mécanique* répondait le mieux au programme tracé.
M. le Président félicite M. A. de Bovet, qui remercie, et lui remet la médaille du Prix Couvreux. *(Applaudissements.)*

Enfin le Prix Giffard faisait l'objet d'un concours dont le sujet, bien déterminé, a été publié conformément au Règlement, il y a trois ans, et se rapporte à la transmission de la puissance motrice à l'aide de l'électricité, soit aux machines-outils d'un atelier, soit aux machines d'une ligne de chemin de fer ou d'une ligne de tramways, soit aux appareils divers d'un port, d'un navire, d'un dock, d'un chantier de travaux publics, etc.
Le Jury a décerné le Prix au Mémoire de M. L. Goichot, sur *la transmission de la puissance motrice à l'aide de l'électricité pour l'exploitation d'une mine de houille.*
M. le Président est heureux de remettre à M. Goichot la médaille du Prix Giffard de 1896 et une somme de 3 000 *f.* *(Applaudissements.)*
En recevant la médaille, M. Goichot adresse des remerciements à ses Collègues.

La séance de l'Assemblée générale est levée.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 JUIN 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté sans observation.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part à la Société du décès de quatre de nos Collègues :

M. Jules Pesaro, membre de la Société depuis 1866 ; a été Ingénieur de diverses Compagnies de chemins de fer en Italie;

M. F.-L. Serment, membre de la Société depuis 1872; a été Ingénieur des études des services extérieurs de la Compagnie du Gaz de Marseille;

M. Philippe Thézard, membre de la Société depuis 1884; a été Ingénieur au chemin de fer d'Orléans, à la Compagnie du Gaz du Caire, aux Forges de Saint-Nazaire et à la Société Franco-Belge de construction de matériel de chemin de fer;

M. Ch. Monard, membre de la Société depuis 1866; a été Ingénieur à la Compagnie Parisienne du Gaz.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer qu'un grand nombre de nos Collègues ont été l'objet de distinctions honorifiques à la suite de l'Exposition de Bordeaux.

Ont été nommés :

Officier de la Légion d'honneur : M. E.-P. Pierron.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. J. Avril, M. Bail, J. Bonnassiès, O. Buron, J. Dollfus, E. Gruner, Guyot-Sionnest, J. Manès, A. Savey, Ch. Wehrlin, J. Werth.

Chevalier de l'Ordre de Léopold de Belgique : M. J. Bonnassiès.

M. LE PRÉSIDENT adresse des félicitations à tous ces Collègues.

Un pli cacheté a été remis par M. F. Guillon. Conformément à l'usage, ce pli est déposé aux Archives de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce que MM. A. Brüll et S. Jordan ont été nommés membres de la Commission chargée de déterminer le sujet de concours pour le prix Giffard en 1899.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance; on la trouvera à la suite du procès-verbal.

La Société a reçu une lettre de M. Lamadon, Directeur de l'Intérieur de la Colonie de la Guyane, qui nous annonce que des travaux importants, évalués à plusieurs millions, doivent être exécutés dans la rade de Cayenne.

Le Conseil Général de la Guyane a engagé le Chef de l'administration locale à demander aux constructeurs de la Métropole dans quelles

conditions ils consentiraient à envoyer une mission d'études chargée de préparer les plans et devis des travaux à exécuter et le cahier des charges en vue de l'adjudication définitive.

Les Entrepreneurs de travaux publics qui auraient le désir de s'y intéresser, sont invités à transmettre leurs propositions à M. le Directeur de l'Intérieur de la Guyane française, à Cayenne, avant le 1er octobre 1896.

Nos Collègues trouveront, au Secrétariat de la Société, les détails qui nous sont communiqués sur ce projet.

Un Congrès international de pêches maritimes doit avoir lieu aux Sables-d'Olonne, du 3 au 7 septembre 1896. MM. Cacheux et de Dax ont été désignés comme délégués pour y assister. Si d'autres Collègues désirent y prendre part, ils sont priés de s'inscrire au Secrétariat.

M. le Président rappelle ensuite que la Société prépare un voyage en Suisse et en Autriche-Hongrie qui durera du 18 juillet au 2 août; par suite d'un arrangement, on a pu prolonger jusqu'au 30 juin le délai d'inscription; nos Collègues désireux de prendre part à ce voyage et qui ne se sont pas encore fait inscrire, sont priés de le faire avant cette date extrême.

M. le Président donne la parole à M. G.-L. Pesce pour sa communication sur *la Navigation sous-marine*.

M. G.-L. Pesce rappelle que la question de la navigation sous-marine, en général fort peu connue et très peu étudiée faute de documents, se trouve à l'ordre du jour, en ces dernières années, depuis l'impulsion que lui a donnée, en 1886, la haute clairvoyance de l'amiral Aube, alors Ministre de la Marine.

Le Gymnote, *le Goubet* et *le Gustave-Zédé* datent de cette époque.

En 1888, l'Amirauté des États-Unis a mis au concours un torpilleur sous-marin. Le résultat de ce concours a été l'adoption et l'exécution du projet de M. Holland.

En France, le Ministère de la Marine a, sous la direction de M. Lockroy, mis également au concours cette importante question le 26 février 1896.

M. Pesce pense faire œuvre utile, à un point de vue de progrès général, en exposant un résumé succinct de l'étude qu'il a entreprise depuis un an, afin d'inciter les Ingénieurs civils et les Constructeurs navals à s'appliquer à l'étude pratique de cette question.

Après avoir fait un exposé sommaire du problème de la navigation sous-marine et des conditions à remplir, il présente un historique complet de la question. Il montre que ce problème hantait l'esprit des chercheurs depuis une très haute antiquité, mais que, d'après les documents existants, la première nef sous-marine entièrement close semble devoir être attribuée à Cornélius Van Drebbel, en 1620. Il montre les différentes étapes parcourues lentement depuis cette date et surtout depuis 1773, époque à laquelle l'Américain David Bushnell a exécuté le premier torpilleur sous-marin. Il décrit les différents systèmes proposés par Fulton, Montgéry, le Dr Payerne, Bourgois et Brun, Ræber, Drzewie-

cki, Nordenfelt, Goubet, Gustave Zédé et, pour finir, le système Holland qui synthétise tous les progrès actuels de l'hydronautique.

Il montre comment bien des idées appliquées comme nouvelles sont déjà fort anciennes, et comment cette intéressante question est restée stationnaire alors que la navigation à vapeur et la traction électrique ont fait de si grands progrès.

Il déplore que les inventeurs aient surtout cherché à appliquer la navigation sous-marine à la destruction des flottes, alors qu'il eût été plus profitable pour le progrès de la civilisation de résoudre ce délicat problème à un point de vue industriel pour les travaux sous-marins en général, les recherches et la récupération des navires perdus, l'étude et l'utilisation du monde sous-marin, si péniblement exploité par les pêcheurs d'éponges, de perles et de corail et si riche cependant en trésors naturels de toutes sortes.

Il résume l'ensemble des desiderata exprimés depuis que la question est à l'étude, et formule, en les précisant, les divers points du problème en montrant les avantages que l'on pourrait tirer de la photographie sous-marine et de l'étude d'appareils optiques appropriés au milieu liquide dans lequel on est appelé à évoluer.

M. Pesce termine sa communication en exposant quelques idées personnelles relatives à la tactique navale des torpilleurs sous-marins, par leur groupement en flottille et leur accouplement avec les ballons comme postes mobiles d'observation et de commandement. Il montre les avantages immenses qui lui semblent devoir résulter pour la stratégie navale de la substitution de cette nouvelle méthode aux méthodes actuelles d'emploi de torpilles dormantes, coulées en des points fixes, pour la défense des rades.

M. R. Soreau dit avoir remarqué qu'à une ou deux exceptions près, les bateaux sous-marins projetés au tableau ont une forme symétrique : tel est notamment le cas du *Gustave-Zédé* et du *Goubet*, les plus importants d'entre eux. Il demande à présenter quelques observations sur cette forme, qui ne lui paraît pas avantageuse.

Dans la communication qu'il a faite sur la *Direction des ballons*, il a préconisé la forme dissymétrique, avec maître-couple plus rapproché de la proue que de la poupe. Il a essayé de montrer qu'un des avantages de cette forme est de diminuer la résistance, à égalité de maître-couple. C'est surtout cette assertion qui a été critiquée dans la discussion qui a suivi la publication de son mémoire. Or, au moment même où il défendait cette théorie, M. Marey présentait à ses collègues de l'Académie des Sciences des photographies de carènes en mouvement dans l'eau qui montraient avec netteté que les remous sont très violents si la proue est plus allongée que la poupe, et qu'ils diminuent sensiblement dans le cas inverse. Pour une vitesse déterminée de la carène, il y a un rapport de proue à poupe, inférieur à l'unité, pour lequel les remous deviennent insignifiants. C'est là, semble-t-il, une expérience probante, qui, du reste, n'est pas la seule.

L'année dernière, en effet, un savant américain, M. Moulton, eut l'idée de promener dans l'eau, parallèlement à leurs arêtes, des prismes taillés

dans des blocs de glace : il vit le fluide ronger peu à peu la face antérieure, effiler la partie arrière, abattre les arêtes, tandis que les remous disparaissaient progressivement. Les mêmes résultats furent obtenus dans l'air sur des prismes en cire, suspendus dans une cheminée où s'élevait un courant d'air chaud. Notre Collègue, M. A. Mallet, qui citait ces curieuses expériences, genre Tyndall, dans sa Chronique de juillet 1895, faisait remarquer que les formes finalement obtenues présentaient beaucoup d'analogie avec la forme de carènes que M. Soreau avait lui-même indiquée, à savoir : méridienne dissymétrique à proue allongée avec point d'inflexion.

M. Soreau ajoute que jusqu'ici, il est vrai, on ne s'est pas nettement entendu sur l'exacte signification de ces essais.

M. Moulton crut pouvoir déclarer que les formes finales étaient des formes de moindre résistance, locution qui doit s'interpréter ainsi : la forme obtenue pour la poupe est celle qui, pour la proue obtenue au même instant donne la résistance minimum, à égalité de maître-couple et de vitesse de translation. Cette conclusion de M. Moulton a été combattue par notre Collègue, M. Duroy de Bruignac. Celui-ci ne voit, dans l'action du fluide sur les prismes de glace, qu'une tendance à uniformiser la corrosion, tendance qui n'aurait aucun rapport avec les formes de moindre résistance. M. Soreau avoue qu'il ne comprend pas très bien cette argumentation. Pour lui, le corps tend à prendre la forme de filets fluides, c'est-à-dire des trajectoires suivies par une molécule, sans qu'il se produise de discontinuité dans la vitesse ni dans la masse du fluide, autour de la molécule considérée. Et, en effet, aux points où il en serait autrement, il se produirait des remous : alors le fluide agissant sur le corps par choc et non plus par simple glissement, aurait en ces points une énergie dynamique plus considérable, et par suite une plus grande efficacité de corrosion. Il en conclut que le corps ne prend une forme stable (ce qui ne veut pas dire une forme invariable) que lorsque ses méridiennes sont des filets fluides.

Ce résultat n'est pas sans importance. Tous ceux qui se sont occupés de la dynamique des fluides, et plus particulièrement de l'architecture navale, n'ignorent pas qu'aujourd'hui encore c'est l'équation établie par Laplace qui donne la forme des filets. Or, cette équation correspond à l'hypothèse d'un fluide parfait, c'est-à-dire d'un corps où non seulement la cohésion, mais encore la viscosité sont nulles : cette hypothèse rend indéterminé l'important problème des carènes immergées qui ne créent pas de remous, problème auquel, suivant lui, M. Moulton vient de donner une solution expérimentale si élégante. Et si l'on admet, avec le savant Professeur Rankine, que ces carènes sans remous sont des carènes de moindre résistance, on voit, d'une part, que la critique de M. de Bruignac était bien sévère ; d'autre part, que les essais de M. Moulton mériteraient d'être repris en grand.

La forme dissymétrique avec proue allongée, qui procure une diminution de la résistance, donne en Aéronautique un avantage encore plus appréciable qui, à lui seul, suffirait à justifier cette forme : elle contribue à la stabilité de route et permet au ballon d'éviter les tête-à-queue dus aux fréquentes sautes du vent. Cet inconvénient n'existe pas dans la

navigation sous-marine, mais l'allongement de la poupe y rend un service dont le mécanisme est analogue. En effet, une des difficultés de cette locomotion est l'instabilité verticale : or, tout mouvement descensionnel du navire en marche lui fait lever le nez, tout mouvement ascensionnel le lui fait baisser ; cette perte de l'horizontalité, sans inconvénient pour les poissons, serait incommode et dangereuse pour les hôtes du sous-marin. En allongeant la poupe, on diminue cette inclinaison, parce qu'on combat, par l'augmentation de la surface arrière, son effacement sur le courant relatif qui résulte de la vitesse de translation et de la vitesse ascensionnelle ou descensionnelle. Malheureusement, ce moyen est insuffisant, et ne dispense pas de l'emploi d'hélices ou de gouvernails horizontaux analogues à ceux qui nous ont été cités par M. Pesce.

En résumé, M. Soreau ne fait point difficulté de reconnaître que la forme dissymétrique est moins nécessaire pour les bateaux sous-marins que pour les ballons dirigeables, mais il estime qu'elle est néanmoins recommandable, puisqu'en somme elle ne procure que des avantages. Il s'étonne même qu'elle ne soit pas encore adoptée en 1896, alors que nous l'observons chez tous les poissons. On lui a objecté que la nature cherche moins la perfection que la diversité des espèces, et que, par suite, il n'y pas de raison pour l'imiter. L'argument pourrait être juste si un grand nombre de poissons avaient la proue plus allongée que la poupe : mais il n'en est point ainsi, et il est logique que les ingénieurs, ayant à lutter contre les mêmes forces extérieures que les êtres vivants, adoptent la forme à laquelle ceux-ci sont arrivés par un lent transformisme.

M. Duroy de Bruignac désire répondre un mot aux observations de M. Soreau. M. Duroy de Bruignac est d'avis que les expériences de M. Moulton ne prouvent rien relativement à la forme de moindre résistance à la translation. Grâce à l'obligeance de notre Collègue M. A. Mallet, M. Duroy de Bruignac a publié, dans la chronique de novembre dernier, une courte discussion de ces expériences. M. Soreau dit ne l'avoir pas comprise. M. Duroy de Bruignac croit que sa pensée peut se comprendre, malgré le laconisme et la difficulté du sujet ; il prie ceux de ses Collègues que la question intéresse de vouloir bien se reporter à cette discussion.

Quant à la question de l'aéronautique, M. Duroy de Bruignac n'en dira rien en ce moment, car elle doit être traitée avec précision et non au pied-levé. En 1893, la question vint devant la Société, et M. Soreau publia un mémoire considérable qui a été couronné par la Société. M. Duroy de Bruignac y répondit par une note lue en séance. Le Bureau, décidant que la discussion résumée au procès-verbal suffisait, refusa la publication de cette réponse ; elle est aux archives ; M. Duroy de Bruignac n'en parlera pas. Si la même question se présente encore, M. Duroy de Bruignac est prêt à la discuter, s'il en a la liberté. Il établira notamment : qu'en aérostation dirigée, la proue obtuse est inutile à la stabilité de direction ; — que la résistance de rencontre varie inversement à la finesse de la proue ; — que la finesse de poupe est utile, mais qu'il n'y a pas lieu de l'exagérer.

M. Soreau dit que puisque M. Duroy de Bruignac le renvoie à une discussion ultérieure, il accepte volontiers. Il aura l'honneur de présenter bientôt à la Société un exposé général de la navigation aérienne par le moins lourd et par le plus lourd que l'air. Il aurait déjà traité ce problème devant la Société si, en l'examinant de près, il n'avait été amené à des vues nouvelles sur diverses questions de la dynamique des fluides, questions à l'étude depuis deux cents ans. Il croit que ces vues jetteront un peu de lumière sur les lois élémentaires de l'aéro et de l'hydro-dynamique. Ce sera peut-être un moment opportun pour reprendre la discussion.

M. le Président remercie M. Pesce de sa communication, ainsi que nos deux Collègues qui y ont répondu, et donne la parole à M. G. Hart qui désire présenter quelques observations à la communication de M. L. de Chasseloup-Laubat sur *le Matériel naval du Japon*.

M. G. Hart signale quelques différences dans les chiffres indiquant la composition de l'artillerie des flottes chinoise et japonaise, d'après M. de Chasseloup-Laubat, et M. le capitaine Rollin (*Revue maritime, 4e livraison, janvier 1895*). Il constate, d'ailleurs, que ces différences ne portent que sur la petite artillerie, et que le rapport entre l'artillerie japonaise et l'artillerie chinoise, d'après les divers documents, reste à peu près le même.

Quant au poids de la salve tirée, le *Militar Wochenblatt* indique un chiffre plus fort que M. de Chasseloup-Laubat; mais les chiffres de notre Collègue ne comprennent pas, ce qui est rationnel, le poids des projectiles de la petite artillerie, que le *Militar Wochenblatt* fait, au contraire, entrer en ligne de compte.

Les observations de notre Collègue relativement au calibre et à la vitesse des projectiles, sont très intéressantes en ce qui concerne la bataille du Yalou, où se trouvaient peu de cuirassés; mais il n'en serait pas de même dans la lutte de deux flottes européennes où la présence de cuirassements plus ou moins développés rendrait à la vitesse initiale son importance. Il est certain, comme le dit d'ailleurs M. de Chasseloup-Laubat dans le cours de son étude, que la destruction des parties non cuirassées entrainerait pour beaucoup de navires des dangers très sérieux au point de vue de la stabilité.

M. Hart est d'accord avec M. de Chasseloup-Laubat en ce qui concerne la vulnérabilité en bout des ponts cuirassés, mais il fait remarquer qu'en cuirassant même à une épaisseur relativement faible l'avant et l'arrière des navires, on a de grandes chances, grâce à l'obliquité des surfaces, d'empêcher les projectiles de pénétrer jusqu'au pont cuirassé. C'est, d'ailleurs, la solution proposée par M. l'amiral Fournier.

Au sujet de l'homogénéité des flottes, il reconnait qu'il est à peu près impossible d'avoir une flotte composée uniquement de types similaires, mais estime qu'il est au moins possible de faire ce qu'ont fait les Anglais et les Italiens, c'est-à-dire des groupes de navires semblables pouvant former une escadre ou tout au moins une division qui, par leurs qualités manœuvrantes, joueraient un rôle important sur le champ de bataille.

La ligne de file, que M. de Chasseloup-Laubat considère comme le meilleur ordre de combat, est aussi la formation indiquée par M. le contre-amiral Fournier, mais les conséquences qu'en tire ce dernier ne sont pas les mêmes que celles qu'en tire notre Collègue. Le premier voudrait voir l'armement prépondérant en chasse et en retraite, le second le voudrait disposé par le travers. Ces divergences viennent probablement de ce que l'amiral Fournier tient à avoir des navires propres aussi bien au combat d'escadre qu'au combat individuel, tandis que M. de Chasseloup-Laubat estime que le navire de combat ne doit combattre qu'en masse et que, par conséquent, avec la formation en ligne de file, l'armement en chasse et en retraite est beaucoup moins important que l'armement en travers. M. Hart se rallie de préférence à la solution proposée par M. l'amiral Fournier et pense que le mieux serait que l'armement fût à peu près également réparti dans tous les sens.

M. de Chasseloup-Laubat tire de la bataille du Yalou la conclusion absolument justifiée que, dans les batailles futures, les œuvres-mortes non cuirassées seront complètement détruites avec tout le personnel qui y aura été posté. Cette conclusion semblerait donc justifier la proposition de cuirassement total faite par l'amiral Fournier. Il est vrai que, pour des raisons de poids, il faut alors diminuer l'épaisseur de la cuirasse, tout au moins partiellement, puisqu'il est impossible de songer aux cuirasses épaisses.

En terminant son étude, M. de Chasseloup-Laubat propose de remplacer les cuirassés de haut bord tels que *le Carnot* ou *le Bouvet*, par des monitors qui seraient accompagnés de convoyeurs portant des équipages de rechange, de manière à ne pas laisser continuellement les mêmes hommes à bord, l'habitabilité du navire pouvant laisser à désirer. Il base sa proposition sur ce fait, que les batailles navales décisives se sont toujours livrées à proximité des côtes, mais il ajoute que les guerres futures se décideront, selon toutes probabilités, soit dans la Méditerranée, soit dans la mer des Antilles, soit même en Extrême-Orient. Des monitors, même convoyés, pourront-ils faire des traversées aussi considérables? Les Américains ne les ont employés que dans des eaux protégées ou dans les grands fleuves à larges estuaires, et ne leur ont fait faire que de très rares traversées de haute mer. Sans doute, militairement, de tels navires seraient très précieux étant à peu près invulnérables, mais la préoccupation de défendre contre l'attaque de l'ennemi la flotte de convoyeurs, ne gênerait-elle pas singulièrement les mouvements de l'escadre de combat, si celle-ci n'est pas maîtresse incontestée de la mer? Pour sa part, M. Hart pense qu'il faut laisser au bâtiment de combat son autonomie, qu'il doit se suffire seul, et que s'il y a le plus grand intérêt à diminuer les superstructures encombrantes dont on l'a doté dans ces derniers temps, il faut lui laisser une hauteur de franc bord lui permettant de lutter aussi bien contre les éléments que contre l'ennemi, dût-on pour cela réduire l'épaisseur du cuirassement.

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT répond d'abord aux observations de M. Hart, ainsi qu'il suit :

1° *Chiffres indiquant la composition de l'artillerie des flottes engagées à la*

bataille du Yalou. M. de Chasseloup-Laubat a tout lieu de croire que ses renseignements personnels sont justes. D'ailleurs, il n'attache aucune importance aux différences signalées, vu que, ainsi que le dit M. Hart, elles ne s'attachent qu'à la petite artillerie et que le rapport entre les artilleries ennemies reste le même.

2° *Importance de la vitesse initiale de l'artillerie.* — M. de Chasseloup-Laubat, ainsi que le prouve son mémoire, avait prévu des objections analogues à celle de M. Hart, puisqu'il avait pris soin de spécifier d'avance les conditions dans lesquelles la vitesse initiale de l'artillerie intervient ou n'intervient pas comme élément de puissance. Il se contentera donc de renvoyer à ce qu'il a déjà dit dans son mémoire :

3° *Stabilité des navires de guerre.* — M. de Chasseloup-Laubat est heureux de voir qu'il est d'accord avec M. Hart sur les dangers que faisait courir aux bâtiments de combat la perte de stabilité résultant de la destruction des œuvres mortes insuffisamment protégées.

4° M. de Chasseloup-Laubat pense qu'il n'a pas à discuter ici les opinions de l'amiral Fournier. Il estime, en effet, impossible de critiquer les opinions d'un absent.

D'ailleurs, M. de Chasseloup-Laubat n'est point convaincu que M. Hart tire de la *Flotte nécessaire* les conclusions que son auteur en tire lui-même.

En effet, M. l'amiral Fournier admet : 1° la guerre d'escadre comme l'a reconnu lui-même M. Hart (page 408); 2° la ligne de file comme formation de combat; 3° une cuirasse de 15 *cm* régnant de bout en bout; 4° une supériorité sensible de vitesse sur l'adversaire. Il en déduit une tactique qui consiste à se battre en ligne de file et à ne présenter que d'une façon oblique son cuirassement à son adversaire. M. de Chasseloup-Laubat, sans rechercher si cette tactique est praticable, se borne à répéter ici ce qu'il a dit dans son mémoire relativement à la non-existence de la supériorité de vitesse d'une flotte sur une autre dans la plupart des cas.

Il se contente de faire remarquer que cette tactique conduit, comme le reconnaît du reste l'amiral Fournier, au combat par la hanche et par la joue, ce qui n'est nullement le combat en pointe, mais bien deux des trois positions du combat par le flanc (hanche, travers et joue).

5° *Cuirassés de haut bord et monitors.* — M. de Chasseloup-Laubat n'a jamais proposé dans son mémoire de remplacer les bâtiments de haut bord par des monitors suivis de transports. Il a seulement cherché à établir que si cette solution s'imposait, on ne devrait pas hésiter à l'adopter, comme l'avaient du reste fait les Américains lors de la guerre de Sécession.

Les types de bâtiments dont il a parlé sont au contraire très suffisamment habitables, comme le prouve l'exemple du *Monterey*.

M. Hart doute que les monitors à avant surélevé puissent aller aux Antilles ou en Extrême Orient. A cela, M. de Chasseloup-Laubat se contentera de répondre que les monitors américains ont traversé l'Atlantique et que l'un d'eux a été de New-York à San-Francisco en doublant le Cap Horn. Pourtant ces bâtiments avec leur avant très bas et très

chargé d'artillerie sont, au point de vue de la navigabilité, dans des conditions infiniment moins bonnes que les navires qu'il propose, dont l'avant très haut et comparativement léger assurerait une bonne tenue à la mer. M. de Chasseloup-Laubat estime que le théâtre d'action de la marine française est presque exclusivement limité aux mers d'Europe, l'histoire montrant, en effet, que les flottes se battent toujours près de leurs bases d'opérations.

Les Antilles et la Corée intéressent d'autres puissances, ce sont là des considérations politiques qu'il n'y a pas à discuter ici; pourtant il fera remarquer que si des alliances forçaient nos marins à combattre près des bases d'opérations que certains pays possèdent dans ces parages lointains, les navires dont il a esquissé les grandes lignes ne seraient nullement gênés pour faire ce que firent jadis les monitors américains.

6° *Autonomie des bâtiments de guerre.* — M. de Chasseloup-Laubat estime que l'histoire montre que l'on n'obtient, sur mer comme sur terre, des résultats décisifs qu'en combattant en masse. Mais il fait remarquer que les bâtiments qu'il propose sont aussi autonomes que tous les bâtiments d'escadre actuels. En outre, les croiseurs blindés peuvent parfaitement être employés en escadres comme autrefois, l'ont souvent été les frégates, notamment par Jean Bart et par Duperré. Quant à savoir s'il faut renoncer à construire des bâtiments de combat, tels qu'ils les a définis dans son mémoire, pour consacrer toutes ses ressources aux grands croiseurs blindés, c'est là un point qu'il ne discutera pas, vu que le programme des constructions navales de notre marine est intimement lié à la politique extérieure de la France.

Il termine donc en maintenant les conclusions de son mémoire puisqu'elles ne préjugent en rien la composition de notre flotte, ni le fait de savoir s'il faut consacrer la majeure partie de nos ressources à la construction de navires de combat ou de croiseurs blindés.

M. P. Regnard a remarqué que, dans sa communication, M. de Chasseloup-Laubat a insisté sur l'importance très grave des incendies qui se déclarent à bord pendant un combat naval. M. Regnard s'est préoccupé de cette question depuis longtemps et, ayant eu à exécuter des extincteurs d'incendies perfectionnés, il a fait des démarches officielles pour tâcher de convaincre plusieurs personnes de l'utilité qu'auraient ces appareils à bord des navires de guerre; il n'a malheureusement pas réussi. Ayant eu occasion de causer récemment avec un officier de la marine japonaise, de passage à Paris, M. Regnard lui a demandé s'il ne croyait pas que les incendies allumés par les obus pourraient être utilement combattus par ce matériel spécial, des extincteurs d'incendies.

La réponse de cet officier ayant été que les navires japonais étaient pourvus d'appareils de ce genre, M. Regnard demande à M. de Chasseloup-Laubat s'il sait quels sont les extincteurs en usage dans la marine japonaise et si la marine chinoise en possède également.

M. de Chasseloup-Laubat répond qu'il n'en a point entendu parler.

Lors de son passage à Paris. M. le commandant Sakamoto, second du *Hi-Yei*, lui a donné beaucoup de détails sur le combat du Yalou où le *Hi-Yei* a énormément souffert en traversant la ligne chinoise.

Non seulement une grande partie de l'équipage fut mise hors de combat, mais le feu éclata près de la soute aux munitions, et c'est un miracle que le *Hi-Yei* n'ait pas sauté. L'incendie, énergiquement combattu, fut éteint à l'aide de pompes jetant des torrents d'eau sur les flammes; mais on n'a pas parlé d'appareils spéciaux.

M. de Chasseloup-Laubat déclare que, lorsqu'en 1889 il est allé au Japon, il n'a vu aucun appareil spécial sur les navires japonais. Néanmoins, il est possible que depuis cette époque la marine du Mikado ait adopté un appareil spécial d'extinction. Quoi qu'il en soit, tous les officiers japonais que M. de Chasseloup-Laubat a vus estiment que la meilleure façon — pour ne pas dire la seule — de combattre un incendie est d'empêcher cet incendie d'éclater. Pour atteindre ce but, les Japonais veulent proscrire l'emploi de toutes espèces de matières combustibles dans les aménagements intérieurs. Ils pensent, en effet, qu'en face d'un adversaire sachant se servir de son artillerie, il est à peu près impossible d'éteindre un incendie éclatant dans les portions non cuirassées d'un navire de guerre.

M. de Chasseloup-Laubat demande, maintenant, à présenter quelques observations sur le mémoire même de M. Hart.

1° M. Hart suppose que le cuirassement du *Royal Sovereign* est destiné à parer aux effets des projectiles de rupture, tandis que le cuirassement du *Magnificient* a en vue les explosifs puissants.

M. de Chasseloup-Laubat montre qu'en réalité ces deux cuirassements sont destinés à lutter contre ces deux modes d'attaques et ne constituent, en réalité, que deux solutions différentes d'un même problème.

2° M. Hart suppose que, dans les guerres d'autrefois, les escadres françaises ont toujours été écrasées sous le nombre, tandis que leurs défaites ont généralement été causées par leur mauvaise organisation.

M. de Chasseloup-Laubat cite des chiffres à l'appui de ce dire.

3° M. Hart dit que les paquebots armés en guerre chassant un navire ennemi auraient surtout à craindre pour leurs machines les effets des projectiles à explosifs.

M. de Chasseloup-Laubat montre que, dans ce cas, c'est surtout le projectile de rupture qui serait redoutable.

4° M. Hart estime qu'il n'est pas logique de faire chasser un navire faiblement armé par un croiseur cuirassé.

M. de Chasseloup-Laubat montre que cette proposition n'est pas exacte si l'on admet, ce qui semble logique, qu'un croiseur ne doit pas être forcé de rentrer au port après avoir pris un adversaire très faible.

5° M. de Chasseloup-Laubat établit que les chiffres fournis par M. Hart, relativement aux vitesses de tir et aux puissances offensives des différents croiseurs dans les quatre secteurs étudiés ne sont pas exacts, et fournissent des indications erronées sur la valeur militaire comparative des différents bâtiments.

6° *Croiseur cuirassé « Impérieuse »*. — L'*Impérieuse* n'a pas de réduit central, comme le suppose M. Hart.

De plus, l'Amirauté anglaise n'a point supprimé la voilure de l'*Impérieuse* pour les raisons que donne M. Hart.

7° *Edgar.* — L'*Edgar* n'a pas de tourelles pour son artillerie. Cette artillerie n'est pas disposée comme l'indique M. Hart qui commet une erreur de 100 0/0 sur le nombre des pièces de 15 *cm* disponibles en chasse et en retraite.

8° *Blenheim.* — Mêmes observations.

9° *Terrible.* — Appréciations erronées sur les raisons qui ont conduit les Anglais à la forme du pont blindé du *Terrible*.

La disposition indiquée de l'artillerie moyenne est tout à fait fausse : le navire ne pourrait ni se battre, ni naviguer par grosse mer, si cette disposition existait.

Étant donnée la grande longueur des chambres de chauffe, il serait impossible de placer les cheminées là où M. Hart les a supposées.

10° *Columbia.* — La vitesse relativement faible du *Columbia* dans sa traversée de l'Atlantique est due non point à une défectuosité des machines, mais à l'insuffisance de dimensions du *Columbia* et à l'impossibilité d'amener assez rapidement le charbon des soutes aux foyers.

11° *Croiseur cuirassé « Charner ».* — M. Hart commet une erreur d'environ 100 0/0 sur la surface de coque protégée par le blindage.

12° *Croiseur cuirassé « Dupuy-de-Lôme ».* — Erreur d'environ 30 0/0 sur la proportion des œuvres-mortes protégées.

Discordance entre le dessin et le texte : le dessin s'appliquant aux plans primitifs, tandis que la description se rapporte aux plans actuels.

13° *Brooklyn.* — Erreur de 100 0/0 sur les pièces de 127 *mm* disponibles en retraite.

Discordance entre le texte et le plan. C'est le texte qui est exact.

14° *Kaiserin Maria Therezia.* — Discordance entre le dessin et le plan, quant aux surfaces protégées par le blindage.

Erreur sur la disposition de quatre des huit pièces de 15 *cm;* par mer un peu grosse, ces quatre pièces ne pourraient tirer si elles étaient disposées comme l'indique le dessin.

15° *Voilure des croiseurs.* — Les expériences faites sur l'*Impérieuse* montrent que l'économie résultant de la voilure est à peu près nulle.

La Russie ne peut avoir conservé la voilure de ses croiseurs pour leur permettre d'aller de la mer Noire à Wladivostock, puisque le traité de Berlin interdit le passage du Bosphore et des Dardanelles aux navires de guerre de toutes les puissances.

16° M. de Chasseloup-Laubat a relevé les chiffres que donne M. Hart pour les cuirassés de la France, de la Russie et de l'Angleterre.

La plupart des chiffres qu'il a relevés sont tout à fait erronés et souvent dans des proportions considérables.

De plus, la classification adoptée par M. Hart est tellement arbitraire que si on la suivait rigoureusement on omettrait une fraction notable des forces navales des différents pays. Ce tableau ne donne donc pas une idée juste des forces maritimes des différentes puissances.

La seule classification rationnelle est une classification dans le genre de celle adoptée par M. Bertin dans son intéressant ouvrage intitulé : *Etat actuel de la Marine de guerre.*

M. de Chasseloup-Laubat termine en disant qu'il n'est point surpris

des erreurs commises sur les vitesses et sur les dispositions générales des navires : car, pour se reconnaître au milieu des documents contradictoires, il faut avoir visité personnellement un grand nombre de bâtiments et pouvoir ainsi, par comparaisons, reconnaître *a priori* les erreurs dont fourmillent la plupart des ouvrages spéciaux.

M. G. Hart, en réponse aux observations de M. de Chasseloup-Laubat, fait remarquer que si les deux modes de cuirassement du *Royal Sovereign* et du *Magnificent* sont en effet équivalents par les parties du navire placées sous le pont cuirassé, il n'en est pas de même pour les parties placées au-dessus de ce pont. Pour celles-ci, si la protection a été étendue, sa valeur a diminué. L'opinion qu'il a émise au sujet de la cause du changement opéré dans le mode de cuirassement de l'Amirauté anglaise est d'accord avec celle de M. Croneau, professeur à l'Ecole de Guerre Maritime (Voir *Revue Générale des Sciences*, du 30 mai 1895) et de M. le contre-amiral Fournier.

Au sujet des conséquences de la guerre d'escadres, M. Hart rappelle simplement que, sauf pendant la guerre de l'Indépendance américaine, nous n'avons guère eu à enregistrer que des défaites, ou, tout au moins, des victoires douteuses toutes les fois que nos escadres ont agi en masse, tandis que les rencontres isolées tournaient très souvent à notre avantage. De plus, après chaque période de guerre d'escadre, on constate un affaiblissement sensible de notre marine, et la perte d'une ou plusieurs de nos colonies.

Les projectiles de rupture seraient, en effet, plus dangereux pour les paquebots, s'ils étaient atteints en bout, mais M. Hart pense que si le projectile à grand explosif vient frapper la coque dans une partie voisine de la machinerie, les dégâts seront irréparables, même si le projectile n'atteint pas directement l'appareil moteur.

M. Hart ne comprend pas très bien la nécessité de faire chasser les navires de commerce par des croiseurs cuirassés, pour éviter la rentrée du croiseur au port après la capture d'un adversaire très faible. La question de l'amarinage et du convoyage des prises est des plus complexes, et il ne voit d'autre raison de rentrer au port que les avaries qu'a pu subir le chasseur dans le combat ou la nécessité de renouveler l'approvisionnement de combustible. Or, les navires de commerce seront toujours assez faiblement armés, s'ils le sont, et les approvisionnements de combustible peuvent être plus considérables sur un navire non cuirassé que sur un navire cuirassé, où le poids de la protection force à les réduire.

Quant aux divergences au point de vue de l'armement et de la protection, signalées par M. de Chasseloup-Laubat, elles sont inévitables, étant donnée la difficulté de se procurer des documents absolument exacts. Certains d'entre eux, exacts à l'origine, ne le sont plus par suite des transformations successives apportées.

C'est ainsi que pour l'*Impérieuse*, les journaux anglais de 1883 l'indiquaient comme un croiseur cuirassé à réduit central, et qu'en 1896 elle figure encore à ce titre dans l'aide-mémoire de l'officier de marine, qui indique 203 *mm* pour l'épaisseur des cloisons cuirassées.

La suppression de la voilure a eu lieu sur un rapport du capitaine C.-G. Fane, constatant que ce navire se comportait à la voile aussi mal que possible et qu'il constituerait dans une navigation en escadre un grand danger pour ses voisins. Par contre, le capitaine en faisait grand éloge comme navire à vapeur, malgré sa surcharge. La voilure ne dont nait, d'ailleurs, qu'une vitesse excessivement faible au navire, et sa suppression a permis de diminuer la surcharge.

La disposition de l'artillerie de l'*Edgar* a été prise sur des documents anglais. Le numéro de l'*Engineering* du 15 janvier 1892, la montre bien disposée, ainsi que l'indique M. Hart, et il en résulte que pour le tir direct en pointe ou en retraite, l'*Edgar* ne dispose que d'une pièce de 234 *cm* et deux pièces de 15 *cm*. Sans doute, les pièces disposées sur les flancs peuvent tirer vers l'avant ou l'arrière sous un certain angle, mais en aucun cas elles ne peuvent tirer à peu près parallèlement à l'axe.

Il est exact qu'il n'y a point de tourelles pour les pièces de 234 *mm*, qui sont, comme il a été indiqué dans le mémoire, des pièces à pivot central.

Pour le croiseur le *Terrible*, le dessin est, en effet, incomplet. Les pièces de 15 *cm*, placées à 4,40 *m* au-dessus de la flottaison, ont été omises par erreur. De plus, c'est 87 *mm* et non 15 *cm* qu'il faut lire sur le schéma pour les pièces (de 12 lbs) en avant et en retraite extrême, conformément au texte du mémoire.

Si la vitesse de la *Columbia* n'a pu être soutenue, cela tient bien à ce que, comme le dit M. de Chasseloup-Laubat, il était très difficile d'alimenter les foyers. De leur côté, les chaudières de près de 5 *m* de diamètre ont donné lieu à des ennuis. Dans la traversée de l'Atlantique la machine n'a jamais marché à l'allure maxima; mais il n'est pas douteux que les proportions désavantageuses de la machinerie n'auraient pas permis de la soutenir pendant un temps beaucoup plus long que celui des essais.

Les hachures indiquant les parties protégées du croiseur le *Charner*, ont été, en effet, prolongées trop haut, elles devraient s'arrêter au point qui sert de base aux tourelles des pièces de 14 *cm*.

Pour le *Dupuy-de-Lôme*, le schéma indique bien le plan primitif. Par la suite, et pour diminuer le poids de cuirasse, le blindage a été arrêté au pont des gaillards, c'est-à-dire au pont servant de base aux tourelles des pièces de 19 *cm*. C'est donc à cette hauteur qu'il y a lieu d'arrêter les hachures.

Le schéma du *Brooklyn* est conforme au dessin de détail publié par M. Bertin dans son livre, si remarquable à tous égards, sur la marine américaine. Il y a, en effet, désaccord entre le plan qu'il donne et la description de l'artillerie (p. 68 de son livre).

Le schéma de la *Kaiserin Maria Therezia* indique en élévation la surface couverte, le plan ne donne aucune indication à cet égard. Quant à l'emplacement des pièces de 15 *cm*, les plus basses, il résulte de documents que M. Hart a eus en sa possession. Cette disposition est, d'ailleurs, la même que celle du *Kaiser Franz-Joseph* qui a été reproduit dans le n° 901 du journal *le Yacht*. La seule différence entre les deux armements est la présence de deux canons de 15 *cm* en plus vers le milieu de la superstructure.

Les pièces inférieures sont, en effet, fort basses, et il n'est pas douteux que le tir serait très gêné si la mer était un peu grosse.

Il est, à peu près inutile de mettre une voilure sur un croiseur cuirassé, qui est un navire lourd, auquel il faudrait une voilure considérable pour avoir une vitesse suffisante ; mais en est-il de même des navires simplement protégés dans lesquels le poids de l'artillerie est relativement faible ?

C'est une question discutable, mais M. Hart estime que, pour cette catégorie de navires, il y aurait avantage à avoir une voilure suffisante pour permettre de faire des économies de combustible.

Reste enfin le mode de classification des forces navales des différentes puissances. M. Hart ne s'explique pas les divergences considérables signalées par M. de Chasseloup-Laubat ; il a vérifié ses chiffres en ce qui concerne les cuirassés autres que les garde-côtes et ne peut que maintenir ceux qu'il a donnés et qui représentent bien le nombre d'unités disponibles dans les diverses marines au commencement de 1896. Il va d'ailleurs poursuivre sa vérification.

Sans doute, les vitesses sont incertaines dans des limites difficiles à fixer, les essais n'étant pas faits partout dans les mêmes conditions ; les navires peuvent donc changer de catégorie mais le total reste le même, et il ne s'ensuit pas qu'une portion notable des force navales des différents pays soit omise par l'emploi de la classification adoptée.

Les seuls navires laissés de côté sont ceux qui, comme le *Richelieu* et le *Suffren* (rayés depuis peu, croyons-nous, de la liste de la flotte), ne présentent plus de valeur militaire, ou ceux qui n'étaient pas achevés à cette époque. — Cette réserve a été faite dans le mémoire.

Il est d'ailleurs impossible de tenir compte dans une classification de tous les éléments de la question, et chaque méthode adoptée a ses avantages et ses inconvénients. M. Hart croit que la classification adoptée parle plus aux yeux qu'une autre classification peut-être plus complète. En tout cas, elle n'est pas aussi arbitraire que veut bien l'indiquer M. de Chasseloup-Laubat.

M. Hart termine en rappelant, comme ce dernier, combien il est difficile d'obtenir des documents exacts. Les documents contradictoires abondent et il est inévitable qu'il n'y ait quelques divergences entre des chiffres puisés à des sources différentes.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. M.-A. Jacques, G.-L.-A. Lumet, M. Rondet, T.-F. Veasey comme membres sociétaires.

MM. E. de Alvarenga-Peixoto, F. Ancora Lins de Vasconcellos, J. Barbosa-Gonçalves, G. Bouquillon, Th. Cambier, L.-M.-R. Courtois, M. David, P. Dubiau, L. Dulac, E.-B. Ellington, Ch.-F. Gaillard, P.-F.-M. Grundeler, J.-Y.-P. Guédon, J.-B.-Ch.-H. Hubert, H.-M.L. Husson, J.-P. Lamolle, E. Maire, G. Pouquet, M. Ramos da Silva, Th. Schlumberger, A.-A. Seigle et M. Seurat sont reçus membres sociétaires, et M. A.-G. Larionoff, membre associé.

La séance est levée à 11 heures.

LES

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

SYSTÈME J.-J. HEILMANN

PAR

M. F. DROUIN

La première locomotive électrique du système J.-J. Heilmann, décrite dans le *Bulletin* de janvier 1893, a été essayée en 1893-1894 sur les voies de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Elle a donné lieu, auparavant, à une série d'essais préliminaires, sur place, qui ont eu pour objet de vérifier les conditions de fonctionnement de ses divers organes, et de procéder à un étalonnage des moteurs, dont nous verrons plus loin l'utilité. Dans ces essais sur place, l'énergie était absorbée par un rhéostat formé de tubes de fer montés sur un cadre, et dans lesquels circulait un courant d'eau. Cette forme de rhéostat permettait, avec un appareil de dimensions très restreintes, d'absorber la puissance totale de la génératrice.

La puissance maximum constatée a été 769 *ch* indiqués, à la vitesse de 399 tours. Nous reproduisons *(pl. 170, fig. 1)* quelques diagrammes correspondant à diverses puissances.

Dans un essai de consommation, fait à puissance moyenne (environ 300 *ch* effectifs), la chaudière a vaporisé 8,3 *kg* d'eau par kilogramme de charbon brut (sans déduction de cendres ni d'escarbilles) et la dépense d'eau effective, y compris l'eau perdue par les purges et dans l'amorçage des injecteurs, a été de 16,700 *kg* par kilowatt-heure obtenu. Ce chiffre comprend la consommation de l'excitatrice : il a été mesuré par le jaugeage direct des soutes avant et après l'essai.

Les essais en marche ont été faits sur les voies de la Compagnie de l'Ouest, sous la direction de M. Clérault, Ingénieur en

chef de la traction. Ils ont été conduits par M. Mazen, Inspecteur de la traction qui, par la suite, a bien voulu prêter son concours à l'étude de nouvelles machines.

Les résultats de ces essais sont consignés, sous la forme d'un rapport émanant de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, dans le *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer* (Londres 1895) (1).

Dans les essais préliminaires, la locomotive a pu démarrer en courbe d'aiguille et remorquer un train de 420 *t*. Il est à peine besoin de dire que même dans le cas de ces trains très lourds, la locomotive *ne peut* patiner, son adhérence étant très supérieure à l'effort de traction dont elle est susceptible. Un effort de 4 *t* à la jante des roues, par exemple, ne représente qu'environ 1/28 du poids adhérent.

Les premiers essais en vitesse ont eu lieu entre le Havre et Beuzeville : la machine y a remorqué uniquement des trains d'expérience. Le profil de la ligne *(pl. 170, fig. 2)* comporte une rampe continue de 8 *mm* sur une longueur de 12 *km*. La locomotive a remorqué, à la vitesse d'environ 34,6 *km* sur cette rampe, des trains de 206 *t*, et des trains de 80 *t* à la vitesse de 47,5 *km*. La descente de la pente, aux vitesses les plus élevées, jusqu'à 100 *km* à l'heure, s'est toujours effectuée sans vapeur.

Le fourgon dynamométrique de la Compagnie de l'Ouest a accompagné la plupart des trains d'expérience; M. Clérault a bien voulu nous autoriser à reproduire *(pl. 170)* quelques-uns des diagrammes obtenus. Les figures 3 et 4 *(pl. 170)* montrent comparativement deux courbes d'effort de traction relevées, l'une sur la locomotive électrique l'autre sur une locomotive à vapeur. La première est plus continue, ce qui était d'ailleurs à prévoir, l'effort des jantes étant constant.

La figure 5 *(pl. 170)* se rapporte à un voyage aller et retour, entre le Havre et Beuzeville.

Il y a lieu de remarquer que la locomotive munie de tous ses appareils de mesure électriques, et d'un tachymètre (2) forme elle-même un appareil dynamométrique très complet permettant de recueillir à chaque instant tous les éléments de la marche

(1) Cinquième session. Question VIII. *Traction électrique.*

(2) La vitesse pourrait même être déduite, sans l'aide du tachymètre, des lectures du voltmètre et de l'ampèremètre. Pour une intensité donnée dans les moteurs, la force contre-électromotrice dépend, en effet, uniquement de la vitesse, et il suffit, par suite, d'avoir établi, au préalable, la caractéristique d'un moteur pour pouvoir déduire la vitesse, des mesures électriques.

d'un train. Il suffit pour cela d'avoir fait de la façon suivante un étalonnage préalable de la locomotive.

Les moteurs étant enroulés en série, à chaque intensité correspond un effort déterminé à la jante des roues. La lecture de l'intensité totale donnera donc immédiatement cet effort.

D'autre part, il est possible, par un essai préalable fait avec la locomotive seule, de déterminer de la même façon (c'est-à-dire avec les moteurs étalonnés) l'effort dont elle a besoin, aux diverses vitesses, pour se remorquer elle-même. La différence (en tenant compte du profil et de l'accélération s'il y a lieu) donne l'effort de traction au crochet.

La lecture du voltmètre et de l'ampèremètre donne la puissance électrique employée, et il est facile d'en déduire, par une série de relevés de diagrammes à l'indicateur, la puissance indiquée aux cylindres. Enfin, s'il y avait intérêt à pousser plus loin l'analyse, on en déduirait également, pour chaque allure, la consommation de vapeur et approximativement celle du charbon.

Les essais suivants ont eu lieu sur la ligne de Paris à Mantes, par Argenteuil. La locomotive y a remorqué, soit des trains spéciaux, soit des trains du service, de 60 à 80 *t* et aux vitesses ordinaires des trains rapides. La vitesse maximum constatée a été de 108 *km* à l'heure. Nous reproduisons *(pl. 170, fig. 6)* le diagramme correspondant, relevé au fourgon dynamométrique.

En ce qui concerne les résultats généraux de ces essais, nous croyons ne pouvoir mieux faire que de reproduire les conclusions du rapport dont nous parlions tout à l'heure :

« Dans tous ces essais, la locomotive s'est bien comportée, le service a été assuré sans aucune avarie, et pendant un parcours total de plus de 1 900 *km*, on n'a jamais eu besoin de la machine de secours.

» Tous les trains ont été remorqués dans de bonnes conditions, et aucun retard n'a eu lieu du fait de la locomotive.

» La *Fusée* présente à toutes les vitesses une stabilité satisfaisante et comparable à celle d'une voiture à bogies; la suspension est douce, et pendant les divers parcours, on a constaté qu'il ne se produisait aucun mouvement, soit de lacet, soit de galop; les entrées en courbe se font facilement, et jusqu'à la vitesse de 108 *km* qui a été atteinte à diverses reprises pendant les essais, les seules oscillations remarquées proviennent exclusivement des légères dénivellations de la voie.

» Cette douceur de marche est due principalement à la constance de l'effort aux jantes pendant un tour complet, ce qui donne un effort de traction constant et, par suite, une traction plus douce qu'avec les machines ordinaires.

» En outre, par suite de l'adhérence totale, le patinage est complètement évité. Enfin, pour ce qui est de la dépense de combustible, sans vouloir dès à présent porter un jugement, eu égard à la durée relativement courte des essais, nous croyons devoir faire remarquer que, malgré l'inexpérience du personnel dans la conduite de la machine, la dépense n'a été que de 5,630 *kg* par kilomètre, en moyenne (entre Paris et Mantes).

» Nous devons dire, du reste, que depuis le premier jour des essais jusqu'au dernier, la consommation de combustible de la locomotive Heilmann a toujours été en décroissant; de 6,900 *kg* par kilomètre qu'elle était au commencement des essais, elle est tombée à 3,730 *kg* par kilomètre. »

Voici, du reste, deux tableaux qui résument les consommations de charbon dans les principaux essais.

Essais de Paris a Mantes par Argenteuil

DATES	TRAINS	POIDS du TRAIN	POIDS DU TRAIN avec la LOCOMOTIVE	CHARBON DÉPENSÉ au TOTAL	CHARBON DÉPENSÉ par KILOMÈTRE	PAR TONNE KILOMÉTRIQUE y compris LA MACHINE	PAR TONNE KILOMÉTRIQUE de train remorqué
		t	*t*	*kg*	*kg*	*gr*	*gr*
4 mai 1894	U	61	175	400	6,9	39,40	113
	V	61	175	390	6,7	38,42	110
5 mai 1894	X	61	175	350	6	34,48	99
	Y	61	175	276	4,7	27,18	78
8 mai 1894	54	69	183	220	3,8	20,72	55
Moyennes.				327,2	5,62	32,04	91

Essais entre Le Havre et Beuzeville

DATES	TRAINS	POIDS du TRAIN	POIDS DU TRAIN avec la LOCOMOTIVE	CHARBON DÉPENSÉ au TOTAL	CHARBON DÉPENSÉ par KILOMÈTRE	PAR TONNE KILOMÉTRIQUE y compris LA MACHINE	PAR TONNE KILOMÉTRIQUE de train remorqué
		t	*t*	*kg*	*kg*	*gr*	*gr*
27 janvier 1894	A	61	175	300	11,5	65,9	189
	B	»	»	120	4,6	26,3	75
	C	»	»	290	11,2	63,6	183
	D	»	»	160	6,2	35,1	100
2 février 1894	A	65	179	256	9,8	55,0	151
	B	»	»	80	3,1	17,1	47
	C	»	»	300	11,5	64,4	178
	D	»	»	80	3,1	17,1	47
3 février 1894	A	65	179	240	9,2	51,5	142
	B	»	»	80	3,1	17,1	47
	C	»	»	280	10,8	60,1	165
	D	»	»	90	3,5	19,3	53
9 février 1894	A	65	179	216	8,3	46,4	128
	B	»	»	80	3,1	17,1	47
	C	»	»	240	9,2	51,5	142
	D	»	»	100	3,8	21,4	59
10 février 1894	A	66	180	264	10,2	56,4	154
	B	»	»	80	31,1	17,0	45
	C	»	»	290	11,2	61,9	169
	D	»	»	80	3.1	17,0	45
Totaux				3626	139.7	781,3	2166
Moyenne des trains montants (B et D)				95	3,6	20,4	56
Moyenne des trains descendants (A et C)				267	10.3	57,6	160
Moyenne générale				181	6,9	39	108

A ce propos, nous croyons bon d'insister une fois de plus sur les raisons qui rendent la locomotive électrique plus économique que la locomotive à vapeur, malgré la double transformation de l'énergie. Si nous supposons que le rendement, c'est-à-dire que le rapport du travail utile à la barre d'attelage, au travail indiqué dans les cylindres, soit le même dans les deux locomotives, la machine à vapeur de la locomotive électrique a l'avantage de fonctionner à *admission constante,* c'est-à-dire sensiblement à rendement constant.

Cette marche à admission constante s'effectue dans les conditions suivantes : le torque fourni par la machine à vapeur étant constant, l'intensité du courant dans la génératrice prendra une valeur telle, qu'elle oppose à la machine à vapeur précisément ce même torque. Or, le torque opposé par la génératrice a pour valeur (aux pertes près) :

$$\frac{FNI}{61{,}5 \times 10^8} \text{ kilogrammètres.}$$

F étant le flux dans l'induit;

N le nombre de tours de fil;

I l'intensité du courant.

Autrement dit, pour une machine donnée, il ne dépend que du courant dans l'induit et du courant d'excitation. Ainsi, pour une pression donnée de vapeur, la valeur de l'intensité dépend uniquement du courant d'excitation. Lorsqu'on envoie dans les inducteurs de la génératrice un courant donné, la vitesse de la machine à vapeur se règle d'elle-même de façon à donner lieu à une force électro-motrice telle que le courant principal ait la valeur assignée. On voit, d'ailleurs, immédiatement qu'il faut diminuer l'excitation pour augmenter l'intensité dans l'induit, et *vice versa.*

En pratique, ce mode de réglage s'applique entre des limites très étendues, mais il est évident qu'il ne s'applique pas depuis l'intensité zéro jusqu'à une intensité quelconque. Il est limité, dans un sens, par la réaction d'induit, dans l'autre, par la saturation du fer.

Il faut remarquer également que le torque de la machine à vapeur, au lieu d'être rigoureusement constant comme nous l'avons supposé, décroît légèrement quand la vitesse augmente, les pertes de charge de la vapeur augmentant avec la vitesse. De même, le torque opposé par la génératrice, à excitation égale et à intensité

égale, croit légèrement avec la vitesse par suite de l'augmentation des pertes dans le fer. Il faut donc, en réalité, pour maintenir la même intensité, une excitation un peu plus faible à grande qu'à petite vitesse; mais, en réalité, la différence est peu importante (en passant de 270 à 400 tours, la variation de torque n'atteint pas 1/10e).

*
* *

En construisant cette locomotive, on s'était proposé de faire une première application du principe, sans chercher, d'ailleurs, à réaliser une machine de grande puissance. La puissance disponible à la jante des roues n'était, en somme, que de 450 *ch*, et à 100 *km* à l'heure en palier, la puissance au crochet était de moins de 200 *ch*.

A la suite des essais dont nous venons de parler, la Compagnie de l'Ouest a confié à la Société de Traction électrique l'étude et l'exécution de deux machines plus puissantes, qu'elle a prises en location pour les affecter au service de trains réguliers.

Ces machines, construites aux ateliers des Anciens Établissements Cail, à Paris, ont conservé la même forme générale que la première, c'est-à-dire qu'elles sont, comme celle-ci, montées sur deux bogies à quatre essieux chacun, que la chaudière occupe encore l'arrière du véhicule, et les machines l'avant, le tout étant abrité par une caisse de forme effilée.

Les modifications apportées ont eu pour but :

1° D'augmenter la puissance totale de la machine, et, par suite, la puissance spécifique, la charge par essieu restant limitée à 15 *t* et, par suite, le poids total à 120 *t;*

2° D'améliorer la suspension des moteurs (1);

3° De remplacer la machine à vapeur horizontale par une machine fonctionnant sans surveillance, et laissant la libre circulation sur toute la longueur de la chambre des machines;

4° D'apporter aux appareils de manœuvre quelques perfectionnements que l'expérience avait montrés utiles.

(1) Les moteurs de la première locomotive avaient été, à l'origine, montés sur l'essieu par l'intermédiaire d'anneaux élastiques (woodite). Aux essais, on constata des échauffements, dus probablement au laminage continuel de la matière élastique, et l'on dut se résoudre à remplacer la woodite par du métal. Le moteur reposait, par suite, directement sur l'essieu, et les chocs qu'il recevait à grande vitesse étaient aussi préjudiciables au bon fonctionnement des collecteurs, qu'à la conservation des isolants. La nécessité de suspendre les moteurs est, du reste, reconnue depuis longtemps, mais le problème n'est pas sans présenter quelques difficultés, en raison du peu d'espace dont on dispose ordinairement sur les locomotives.

Chaudière. — La chaudière Lentz a été remplacée par une chaudière ordinaire de locomotive *(pl. 171, fig. 7)*.

Ses principales dimensions sont les suivantes :

Surface de grille.	3,34 m^2
— de chauffe du foyer. . . .	16,47
— — des tubes . . .	169
— — intérieure totale.	185,47 m^2
Nombre de tubes	351
Diamètre extérieur des tubes. . .	0,045 *m*
Longueur des tubes entre plaques.	3,80 *m*
Timbre.	14 *kg*

La chaudière est en fer.

Le tirage est assuré par l'échappement de la machine à vapeur, comme dans les locomotives ordinaires.

La chaudière est fixée en son milieu, et repose par ses deux extrémités sur des supports de dilatation.

Les soutes sont placées à droite et à gauche de la chaudière. Les soutes à eau sont disposées pour être raccordées au besoin à un fourgon-tender portant la provision d'eau nécessaire à un long parcours sans arrêt.

Machine à vapeur principale. — Cette machine à vapeur a déjà été décrite dans le *Bulletin* (1); nous n'y reviendrons que pour ajouter quelques détails complémentaires sur l'équilibrage.

On peut se demander quelle est la raison pour laquelle la locomotive Heilmann nécessite une machine à vapeur équilibrée, alors que sur les locomotives ordinaires on ne se préoccupe de l'équilibrage que d'une façon beaucoup plus superficielle.

En réalité, si l'on emploie une machine à vapeur horizontale, et surtout si l'axe de cette machine est perpendiculaire à la voie, l'équilibrage ne paraît pas plus nécessaire que sur toute autre locomotive. Mais si l'on emploie une machine à vapeur verticale, il est plus important qu'elle soit bien équilibrée, car les efforts d'inertie maxima ont lieu précisément dans la direction de l'élasticité du châssis, et si la période d'oscillation du châssis sur ses ressorts est voisine de la période des efforts d'inertie, les oscillations verticales pourraient prendre une amplitude dangereuse.

Pour que cette amplitude restât petite, il faudrait que la période

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, février 1896. *Des progrès de la traction électrique dans les chemins de fer français*, par M. H. DE GRIÈGES (fils).

d'oscillation du châssis fût grande par rapport à celle des efforts d'inertie. Un calcul simple montre qu'il n'est pas très facile d'y arriver.

La durée t d'une oscillation simple d'un ressort chargé est donnée par la formule

$$t = \pi \sqrt{\frac{f}{g}}$$

f étant la flèche totale sous charge.

Dans la première locomotive Heilmann, on avait pour les ressort d'avant

$$f = 56\ mm$$

d'où $$t = 0^s,237.$$

Ainsi, le châssis devait osciller à raison de 126 vibrations doubles par minute. Or, à la vitesse de 126 tours, les efforts d'inertie d'une machine à vapeur non équilibrée auraient déjà une valeur de plusieurs tonnes.

Il est évident qu'entre ce déséquilibrage absolu et l'équilibre parfait on trouverait des solutions intermédiaires qui fourniraient des machines plus simples, dans lesquelles subsisteraient encore quelques efforts, mais qui ne seraient pas de nature à compromettre gravement la stabilité. Ces solutions approximatives ont été laissées de côté, au moins pour les machines actuelles.

L'emploi de six cylindres pour arriver à l'équilibre exact a été proposé en même temps par M. Robinson et par M. Mazen. Les deux machines compound de 1 350 *ch* indiqués, destinées aux locomotives Heilmann, ont été étudiées et construites par MM. Willans et Robinson. Elles sont à simple effet et à distributeurs cylindriques.

M. Normand a, le premier, croyons-nous, démontré que dans une machine à trois lignes de cylindres agissant sur des manivelles à 120 degrés, la somme des forces verticales est nulle ou sensiblement nulle à chaque instant, si les trois lignes de parties mobiles ont le même poids.

Une machine à trois lignes de cylindres laisse toutefois subsister un couple, et l'emploi de six lignes de cylindres n'a d'autre but que d'éliminer ce couple, en ramenant toutes les forces dans le plan médian perpendiculaire à l'axe de la machine (1).

(1) M. Robinson a proposé une machine n'ayant que *cinq* cylindres, et qui réalise l'équilibrage de la même façon; les deux manivelles médianes ont, en effet, le même calage, et peuvent, par suite, être réduites à une seule, à condition que le poids des pièces mobiles du cylindre correspondant soit double de celui des pièces d'un des autres cylindres.

L'analyse de l'équilibrage dans les machines à trois et à six manivelles, à 120°, a été reprise par M. le capitaine Sankey (1) qui a démontré que la somme des forces *horizontales* dues à l'inertie des bielles est rigoureusement nulle, mais que la somme des forces *verticales* (pistons et bielles) ne l'est pas exactement, et qu'il subsiste une légère perturbation, d'ailleurs pratiquement négligeable.

La démonstration repose sur les trois propositions suivantes :

1° $$\sin\varphi + \sin\left(\varphi + \frac{1}{3}2\pi\right) + \sin\left(\varphi + \frac{2}{3}2\pi\right) = 0.$$

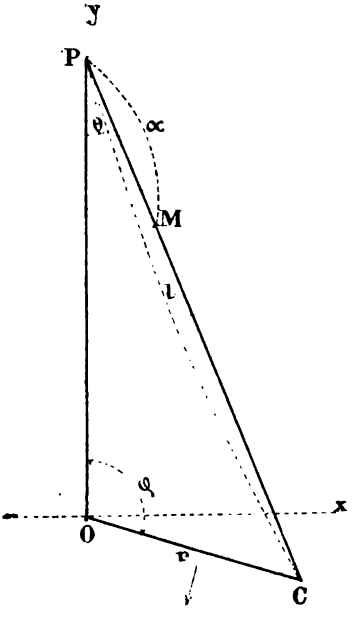
2° Si n n'est pas multiple de 3 :

$$\cos n\varphi + \cos n\left(\varphi + \frac{1}{3}2\pi\right) + \cos n\left(\varphi + \frac{2}{3}2\pi\right) = 0.$$

Si n est multiple de 3 :

$$\cos n\varphi + \cos n\left(\varphi + \frac{1}{3}2\pi\right) + \cos n\left(\varphi + \frac{2}{3}2\pi\right) = 3\cos n\varphi.$$

3° Il ne peut y avoir de terme constant dans l'expression de l'accélération, car cela supposerait une force constante dans une direction, ce qui est absurde, si l'on suppose l'arbre mis en mouvement par un simple couple.



Cherchons à évaluer les composantes verticale et horizontale de la force d'inertie, pour une particule pesante de masse m, située en un point M de la bielle de longueur l.

Le point C décrit un cercle de rayon r, avec une vitesse angulaire constante $\frac{d\varphi}{dt}$; PC est la bielle supposée sans poids, et a la distance MP de la particule au pied de bielle.

(1) On a method of preventing vibrations in marine engines by **Mark Robinson and** Captain H. Riall Sankey. *Institution of Naval Architects*, 5 avril 1895.

Les coordonnées du point M par rapport à Ox et Oy sont les suivantes :

$$x = a \sin \theta \tag{1}$$

$$y = (l - a) \cos \theta - r \cos \varphi \tag{2}$$

On a, d'autre part :

$$l \sin \theta = r \sin \varphi. \tag{3}$$

Donc

$$x = \frac{ar}{l} \sin \varphi$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{ar}{l}\left(\cos \varphi \frac{d^2\varphi}{dt^2} - \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt}\frac{d\varphi}{dt}\right)$$

et comme

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{ar}{l}\omega^2 \sin \varphi. \tag{4}$$

Dans une machine à trois manivelles à 120 degrés, la somme des trois termes se rapportant aux trois particules M semblablement placées sera :

$$m \frac{ar}{l}\omega^2 \left\{\sin \varphi + \sin\left(\varphi + \frac{1}{3}2\pi\right) + \sin\left(\varphi + \frac{2}{3}2\pi\right)\right\}.$$

Ainsi, en vertu de la première proposition ci-dessus, la somme est nulle pour tous les points de la course, et l'équilibre *horizontal* est rigoureusement exact. Il subsiste évidemment un couple, qui se trouve détruit par l'emploi de six cylindres.

En ce qui concerne les forces *verticales*, nous avons :

$$\frac{dy}{dt} = -(l - a) \sin \theta \frac{d\theta}{dt} - r \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt}$$

d'où

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -(l - a) \cos \theta \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 - (l - a) \sin \theta \frac{d^2\theta}{dt^2} - r \cos \varphi \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2.$$

Or, l'équation (3) nous donne :

$$l \cos \theta \frac{d\theta}{dt} = r \cos \varphi \frac{d\varphi}{dt} \tag{5}$$

d'où

$$l \cos \theta \frac{d^2\theta}{dt^2} = l \sin \theta \frac{r^2\omega^2 \cos^2 \varphi}{l^2 \cos^2 \theta} - r\omega^2 \sin \varphi. \tag{6}$$

On a donc :

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -(l-a)\cos\theta\,\frac{r^2\omega^2\cos^2\psi}{l^2\cos^2\theta} - \frac{(l-a)\sin\theta}{l\cos\theta}\left[l\sin\theta\,\frac{r^2\omega^2\cos^2\varphi}{l^2\cos^2\theta} - r\omega^2\cos\psi\right] - r^2\omega^2\cos\varphi$$

$$= -\frac{(l-a)}{l^2\cos^3\theta}r^2\omega^2\cos^2\varphi\left[\cos^2\theta+\sin^2\theta\right] + \frac{l-a}{l}r\omega^2\frac{\sin\theta\cos\varphi}{\cos\theta} - r\omega^2\cos\varphi$$

$$= -\frac{(l-a)r^2\omega^2\cos^2\varphi}{l^2\cos^3\theta} + \frac{(l-a)r\omega^2}{l\cos^3\theta}\cos^2\theta\sin\theta\sin\varphi - r\omega^2\cos\varphi$$

$$= \frac{(l-a)r\omega^2}{l^2\cos^3\theta}\left[l\cos^2\theta\sin\theta\sin\varphi - r^2\cos^2\varphi\right] - r\omega^2\cos\varphi.$$

Pour éliminer θ, nous tirons de l'équation (3) :

$$l\cos\theta = l(1-\sin^2\theta)^{\frac{1}{2}} = (l^2 - r^2\sin^2\varphi)^{\frac{1}{2}},$$

d'où en substituant :

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -r\omega^2\left[\cos\varphi + \frac{l-a}{l^2}r\left(\cos 2\varphi + \frac{r^2}{l^2}\sin^4\varphi\right)\left(1-\frac{r^2}{l^2}\sin^2\varphi\right)^{-\frac{3}{2}}\right].$$

Cette expression est composée de deux termes. Le premier, en cos φ, s'évanouit, en raison de la proposition (2°) pour 3 particules situées sur 3 bielles à 120°, exactement comme pour la composante horizontale.

Quant au second terme, il peut s'écrire :

$$\left(-r^2\omega^2\frac{l-a}{l^2}\right)PQ,$$

ou . $$P = 1 - 2\sin^2\varphi + \frac{r^2}{l^2}\sin^4\varphi,$$

et si l'on développe par le théorème du binôme :

$$Q = 1 + \frac{3}{2}\frac{r^2}{l^2}\sin^2\varphi - \frac{15}{8}\frac{r^4}{l^4}\sin^4\varphi + \frac{105}{48}\frac{r^6}{l^6}\sin^6\varphi - \frac{945}{384}\frac{r^8}{l^8}\sin^8\varphi + \frac{10395}{3840}\frac{r^{10}}{l^{10}}\sin^{10}\varphi\ldots$$

En effectuant le produit PQ, nous avons :

$$1 + \frac{3}{2}\frac{r^2}{l^2}\sin^2\varphi - \frac{15}{8}\frac{r^4}{l^4}\sin^4\varphi + \frac{105}{48}\frac{r^6}{l^6}\sin^6\varphi - \frac{945}{384}\frac{r^8}{l^8}\sin^8\varphi + \frac{10395}{3840}\frac{r^{10}}{l^{10}}\sin^{10}\varphi\ldots$$

$$-2\sin^2\varphi - 3\frac{r^2}{l^2}\sin^4\varphi + \frac{15}{4}\frac{r^4}{l^4}\sin^6\varphi - \frac{105}{24}\frac{r^6}{l^6}\sin^8\varphi + \frac{945}{192}\frac{r^8}{l^8}\sin^{10}\varphi\ldots$$

$$\frac{r^2}{l^2}\sin^4\varphi + \frac{3}{2}\frac{r^4}{l^4}\sin^6\varphi - \frac{15}{8}\frac{r^6}{l^6}\sin^8\varphi + \frac{105}{48}\frac{r^8}{l^8}\sin^{10}\varphi\ldots$$

ou : $$PQ = 1 + a \sin^2 \varphi + b \sin^4 \varphi + c \sin^6 \varphi,$$

où a, b, c, sont la somme des coefficients des colonnes verticales de la formule ci-dessus :

Autrement dit :

$$a = \frac{3}{2}\frac{r^2}{l^2} - 2,$$

$$b = -\frac{15}{8}\frac{r^4}{l^4} - 3\frac{r^2}{l^2},$$

$$c = \frac{105}{48}\frac{r^6}{l^6} + \frac{15}{4}\frac{r^4}{l^4} + \frac{3}{2}\frac{r^4}{l^4} \cdots$$

Les divers termes de la formule ci-dessous peuvent être développés en cos $n\varphi$; ainsi, on peut développer :

$\sin^2 \varphi$	en termes de	$\cos 2\varphi$,
$\sin^4 \varphi$	—	$\cos 2\varphi$, $\cos 4\varphi$,
$\sin^6 \varphi$	—	$\cos 2\varphi$, $\cos 4\varphi$, $\cos 6\varphi$,
$\sin^8 \varphi$	—	$\cos 2\varphi$, $\cos 4\varphi$, $\cos 6\varphi$, $\cos 8\varphi \ldots$

Ces développements, multipliés par leurs coefficients a, b, c, et ajoutés, nous donneront le produit PQ.

Nous savons, en outre, d'après les propositions (2°) et (3°) que nous n'avons à considérer ni les termes constants, ni les termes où n n'est pas multiple de 3. Le premier terme où n est multiple de 3 est en cos 6φ; M. le capitaine Sankey a déterminé sa valeur pour le cas où le rapport $\frac{r}{l}$ est égal à $\frac{1}{5}$. En négligeant les termes au delà de $\frac{r^{10}}{l^{10}}$, il a trouvé pour le coefficient de cos 6φ la valeur :

$$-0{,}00024.$$

Ainsi, la composante verticale des forces d'inertie, qui subsiste dans une machine à 3 lignes, par 3 particules de masse m, est :

$$\Delta F_b = 3m\left(r^2\omega^2\frac{l-a}{l^2}\right) \times 0{,}00024 \cos 6\varphi$$

$$= 3m\omega^2 \times 0{,}0000096\,(l - a) \cos 6\varphi,$$

ou en remplaçant 0,0000096 par 10^{-5}.

$$\Delta F_b = 3m\omega^2\,(l - a)\,10^{-5} \cos 6\varphi.$$

Pour le bouton de manivelle, ou pour toute particule pour laquelle $l = a$, l'équilibre absolu existe.

Si l'on suppose la bielle de section uniforme s, et que la particule soit considérée comme formant une section de longueur da, la force due à l'inertie des 3 bielles sera :

$$F_b = 3\delta s\omega^2 10^{-5} \cos 6\varphi \int_o^l (l - a)\, da,$$

δ étant la densité de la matière;

ou :
$$F_b = 3 \times 10^{-5}\, \delta s\omega^2 \frac{1}{2} l^2 \cos 6\varphi$$

$$= 3 \times 10^{-5}\, \omega^2 l \frac{M_b}{2} \cos 6\varphi,$$

M_b étant la masse d'une bielle.

Pour les pistons, leurs tiges, etc., $a = o$, et si M_p est la masse de ces parties pour une ligne, on a pour l'expression de la force :

$$F_p = 3M_p\omega^2 10^{-5} l \cos 6\varphi.$$

La force totale dans le sens vertical est donc :

$$F_t = 3 \times 10^{-5}\, \omega^2 l \cos 6\varphi \left(M_p + \frac{M_b}{2}\right).$$

Mais, d'après l'expression générale de $\frac{d^2y}{dt^2}$, la force verticale à l'extrémité supérieure de la course est, pour une seule ligne :

$$F = - r\omega^2 (M_b + M_p) + \frac{r}{l}\left(M_p + \frac{1}{2}M_b\right).$$

Si M_b est petit par rapport à M_p, et si, dans le premier terme, nous remplaçons M_b par $\frac{M_b}{2}$, nous obtenons pour F une valeur approximative un peu plus petite que la valeur réelle, et pour $\frac{r}{l} = \frac{1}{5}$, nous avons

$$F = - \frac{6}{25} l\omega^2 \left(M_p + \frac{M_b}{2}\right),$$

de sorte que le rapport de la force perturbatrice d'une machine à 3 lignes à la force totale maxima d'une ligne est :

$$\frac{F_t}{F} = \frac{3 \times 10^{-5}}{\frac{6}{25}} \frac{l\omega^2}{l\omega^2} \frac{\left(M_p + \frac{M_b}{2}\right)}{\left(M_p + \frac{M_b}{2}\right)} \cos 6\varphi$$

$$= 0{,}000125 \cos 6\varphi.$$

Ainsi, le maximum de cette force pour 3 lignes est de 0,0125 0/0 de la force maxima pour une ligne.

Pour une machine à 6 lignes de manivelles, composée de deux machines 3 lignes placées côte à côte, symétriquement, les couples verticaux et horizontaux s'équilibrent, et il reste une force verticale dont le maximum est 0,000250 de la force d'inertie maxima d'une seule ligne.

Les figures 8, 9 et 10 *(pl. 171)* montrent la machine appliquée sur les locomotives Heilmann. La distribution s'effectue par un arbre spécial parallèle à l'arbre principal, et que celui-ci actionne par engrenages. Les distributeurs sont équilibrés comme les pistons, l'arbre de distribution ayant aussi six manivelles. Les deux arbres tournent dans un bain d'huile, et les pressions sur les articulations sont toujours dans le même sens, de façon à éviter les rattrapages de jeu.

Le diamètre des cylindres HP est de 300 *mm*
— — BP — 480
La course commune est de. . . . 400
La vitesse normale est de . . . . 400 tours

La machine est pourvue d'un appareil limitateur de vitesse, sorte de régulateur centrifuge dont le ressort antagoniste est à tension variable, permettant ainsi de limiter la vitesse de la machine à vapeur entre 100 et 450 tours.

Dynamos génératrices (pl. 170, fig. 11 et 12). — La machine à vapeur commande deux dynamos génératrices, une à chaque extrémité de l'arbre. Ces dynamos sont construites, de même que l'excitatrice et les moteurs, par MM. Brown Boveri et C°. Elles sont à 6 pôles. L'inducteur est en acier; l'induit est un tambour multipolaire enroulé en parallèle; les tôles y sont divisées en deux paquets, séparés par un intervalle réservé pour la ventilation. Le courant est recueilli par six séries de balais en charbon.

Les deux génératrices sont accouplées en parallèle.

Le diamètre des induits est de 1 050 *mm*.

Les dynamos peuvent fournir chacune environ 1 000 ampères sous 455 volts, et supporter momentanément une intensité double de l'intensité normale.

Machine à vapeur auxiliaire et dynamo excitatrice. — La dynamo excitatrice *(pl. 171, fig. 13 et 14)* est une machine compound à 4 pôles, destinée à assurer en même temps l'éclairage du train.

Elle est actionnée par une machine Willans à simple expansion, à deux manivelles à 180 degrés.

Les principaux éléments de la machine à vapeur sont les suivants :

Diamètre des cylindres.	216 *mm*
Course.	127
Vitesse normale.	550 tours
Puissance normale.	28 *ch* indiqués

La dynamo peut débiter 140 ampères sous 115 volts.

La pression de la vapeur dans la boîte du régulateur est ramenée à 8 *kg* par un détendeur.

La machine à vapeur et la dynamo reposent sur l'une des génératrices (côté chaudière).

Moteurs (pl. 171, fig. 15 et 16). — Les moteurs sont à 4 pôles, excités par deux bobines. Les inducteurs sont en acier, et formés de quatre pièces : la pièce inférieure porte les pattes qui fixent le moteur au bogie. La pièce supérieure repose sur celle-ci, et il suffit de l'enlever pour découvrir et visiter l'induit. Enfin, les deux pièces latérales, qui forment les noyaux des bobines, sont boulonnées à fois sur les deux autres.

L'induit est un tambour multipolaire enroulé en série. L'enroulement inducteur (en série) est formé d'une bande de cuivre méplat. Les balais sont en charbon ; ils sont accessibles par une porte à la partie inférieure du moteur.

La puissance normale de chaque moteur est de 125 *ch* à la vitesse de 100 *km* à l'heure, ce qui correspond à un effort à la jante de 340 *kg* environ.

L'effort maximum fourni par l'un des moteurs, aux essais, a été de 1 200 *kg*.

Le diamètre des roues est de 1,16 *m*.

Distribution électrique et appareils de manœuvre. — La distribution électrique est effectuée de la même façon que dans la première machine ; autrement dit, les huit moteurs sont montés en dérivation. Un commutateur permet de les grouper en deux séries de quatre, pour la marche à faible vitesse avec de grands efforts.

L'appareil de changement de marche se compose d'un commutateur octuple, permettant de renverser le sens du courant dans les induits.

Chaque moteur est alimenté par un circuit spécial aboutissant

au tableau, et ayant son ampèremètre, son interrupteur et un plomb fusible.

Les appareils de manœuvre sont placés en double. L'un des postes est placé dans la pointe, à l'avant; le second se trouve près de la chaudière, dans la même position que sur une locomotive ordinaire. La machine peut ainsi fonctionner indifféremment dans les deux sens, mais il est évident qu'il y a intérêt à l'employer autant que possible la pointe en avant, la visibilité étant beaucoup meilleure et la résistance de l'air étant plus faible.

Chacun des postes de manœuvre comprend, outre le robinet du frein Westinghouse, la commande de la valve d'arrivée de vapeur, celle de l'appareil limitateur de vitesse, enfin un rhéostat double.

L'appareil de changement de marche se trouve entre les deux postes.

Châssis et abri. — Le châssis est composé de deux longerons en acier, de 17,69 *m* de longueur, assemblés par des entretoises qui servent en même temps à porter les divers organes, et dont deux reçoivent les traverses-pivots et les patins qui s'appuient sur les bogies.

Les dynamos reposent directement sur le châssis. La machine à vapeur s'appuie par ses deux extrémités sur le bâti des dynamos.

L'avant de la machine est recouvert d'une caisse en tôle, effilée en vue de réduire la résistance de l'air.

Bogies. — Les bogies sont formés chacun de deux longerons assemblés par une traverse-pivot et des entretoises. Ces entretoises portent le bâti des moteurs, qui y est fixé sans l'intermédiaire de ressorts. Les moteurs contribuent ainsi à augmenter la rigidité de l'ensemble, et se trouvent suspendus de la même façon que le reste du bogie.

L'induit I du moteur est monté sur un axe creux T *(pl. 171, fig. 17)* dans lequel passe l'essieu E. Le diamètre intérieur de cet axe creux est supérieur à celui de l'essieu d'une quantité au moins égale au déplacement des boîtes à graisse dans leurs plaques de garde.

Pour assurer l'entraînement de l'essieu par l'induit, malgré le changement continuel de leurs positions relatives, ils sont accouplés par des pièces élastiques, constituées par trois séries de tampons *t* montées entre les bras de l'une des roues *(pl. 171, fig. 18)*. Des palettes B fixées à l'axe creux de l'induit s'engagent entre ces tampons. La flexibilité des ressorts *r* est telle, que comprimés sous

l'effort maximum du moteur, ils conservent une course encore suffisante pour permettre le déplacement de l'essieu. Les deux roues sont calées à la presse.

Dimensions générales. — L'ensemble de la locomotive *(pl. 171, fig. 19 et 20)* a les dimensions générales suivantes :

Longueur totale entre tampons.	15,89 *m*
Empattement total	15,40
— d'un bogie.	4,100
Distance d'axe en axe des bogies.	11,300
Largeur de la caisse-abri	2,700
Hauteur de la cheminée au-dessus du rail .	4,190

Puissance et rendement. — Nous terminerons cette description par quelques chiffres relatifs à la puissance de ces nouvelles machines, et au rendement qu'il est permis d'en attendre.

La puissance indiquée aux cylindres est, comme nous l'avons dit précédemment, 1 350 *ch.*

Le rendement de la machine à vapeur est de . .	90 0/0
Celui des génératrices	95
— moteurs.	90

La puissance électrique est donc 1 154 *ch* ou 850 kilowatts aux bornes des génératrices.

Si l'on suppose que la perte dans les câbles est de 2 0/0, la puissance effective aux jantes sera d'environ 1 000 *ch*, le rendement total étant :

$$0{,}90 \times 0{,}95 \times 0{,}98 \times 0{,}90 = 75{,}4\ 0/0,$$

rapport du travail effectif aux jantes au travail indiqué aux cylindres.

Ce rendement est pratiquement constant entre les limites de vitesse dans lesquelles se tient un train rapide.

Si l'on cherche maintenant à estimer le rendement de la locomotive en tenant compte de la puissance qu'elle absorbe pour elle-même, c'est-à-dire le rapport de la puissance utile au crochet de traction à la puissance indiquée aux cylindres, on trouve que ce rendement varie avec la vitesse, avec le profil, enfin avec le poids de la machine, c'est-à-dire avec les provisions d'eau et de combustible qu'elle remorque, et qui évidemment viennent en déduction du poids total.

La locomotive en charge moyenne pèsera 115 *t*. Supposons qu'on

veuille lui assurer une provision de 20 *t* d'eau, et que l'excédent d'eau soit porté par un véhicule pesant 10 *t*, soit 17 *t* en charge moyenne.

Si dans ces conditions, on suppose la machine en palier et à la vitesse de 100 *km*, l'effort aux jantes sera 2 700 *kg*; l'effort nécessaire pour la machine sera (1) $(115 + 17) \times + 7 = 924\ kg$; l'effort utilisable au crochet sera donc 1 776 *kg*, et la machine pourra remorquer, soit :

$$\frac{1\,776}{7} = 253\ t \text{ de matériel ordinaire,}$$

$$\text{soit : } \frac{1\,776}{5} = 355\ t \text{ de matériel à bogies.}$$

Le travail utilisable au crochet de traction sera :

$$\frac{1\,776 \times 100}{270} = 657\ ch$$

et le rendement de la machine

$$\frac{657}{1\,350} = 47{,}1\ 0/0.$$

Il serait facile de dresser des tableaux du rendement de la locomotive en fonction de la vitesse, du profil, etc., mais nous n'insisterons pas autrement sur ces questions de puissance et de rendement : au moment où nous écrivons ces lignes, les machines sont, en effet, en construction avancée, et c'est à l'expérience qu'il faut laisser le dernier mot.

Considérations générales. — En terminant, il n'est pas sans intérêt d'examiner les principales critiques qu'on a faites à la locomotive Heilmann.

D'abord, son poids : la locomotive Heilmann est évidemment plus lourde qu'une locomotive à vapeur. Quelles peuvent en être

(1) Le chiffre de 7 *kg* est celui qui résulte des expériences faites avec la première machine. Une autre mesure de résistance, à la vitesse de 65 *km*, peut être déduite de l'expérience suivante : Dans le train B du 27 janvier 1894, la locomotive attelée d'un train de 50 *t* est passée, sans vapeur, de la vitesse de 60 *km* à la vitesse de 69 *km* en 84 secondes, sur une pente de 8 *mm*. L'accélération était donc 0,029 *m* par seconde, ce qui permet de calculer la force correspondante, qui était 516 *kg*. L'effet dû à la gravité étant $(120 + 50) \times 8 = 1\,360\ kg$, la résistance totale était 1 360 — 516 = 844 *kg*. Celle du train était (d'après des mesures faites au fourgon dynamométrique) $50 \times 4{,}5 = 225\ kg$ et par suite celle de la machine 830 — 225 = 619 *kg*,

$$\text{soit } \frac{619}{120} = 5{,}16\ kg \text{ par tonne.}$$

les conséquences? Nous avons vu que ce poids peut être réparti de façon que les charges par essieu ne dépassent pas celles qu'on admet habituellement; il ne s'ensuit donc pas d'inconvénient au point de vue de la voie, d'autant plus que, à poids égal sur les essieux, la locomotive Heilmann détériore moins la voie qu'une locomotive à vapeur, puisque :

1° Elle ne peut patiner;

2° Ses essieux sont équilibrés, et le poids en marche reste égal au poids statique, alors que dans une locomotive à vapeur il le dépasse souvent de plusieurs tonnes;

3° Elle est plus flexible;

4° Enfin, le poids non suspendu n'est que de 1 500 *kg* par essieu, alors qu'il atteint 3 *t* dans les fortes locomotives.

Nous avons vu que, au point de vue du rendement des nouvelles machines, l'excédent de poids n'a pas non plus une grande importance, puisque la résistance au roulement est réduite. Le rendement se trouve plus faible en rampe, plus fort en pente, et reste en moyenne analogue à celui de la plupart des locomotives. Il est hors de doute néanmoins qu'il y a intérêt à réduire le poids, et il est encore permis de prévoir dans ce sens des améliorations sensibles.

On a reproché à la locomotive Heilmann son prix élevé. Les considérations de cet ordre sortent un peu de notre cadre; mais sans rien préjuger de l'influence que ce facteur pourra avoir sur le développement ultérieur du système, nous devons faire remarquer que le même reproche s'applique, *a fortiori*, à tous les autres systèmes de traction électrique, qui comportent outre le matériel générateur et récepteur, un troisième intermédiaire, ligne ou accumulateurs.

Enfin, on a prétendu que la locomotive ne pouvait être que moins économique que la locomotive ordinaire. C'est, en effet, la première idée que suggère un examen superficiel du système. Nous avons montré que le raisonnement et l'expérience se sont accordés pour démontrer le contraire.

Une locomotive quelconque est, par sa nature même, un appareil à puissance constamment variable, et il est important qu'elle reste économique entre les limites les plus larges. C'est ce que réalise la locomotive Heilmann. Nous croyons que ce fait seul mérite de fixer l'attention, quelles que soient d'ailleurs les critiques de détail que peut soulever un système né d'il y a quelques années seulement.

LES

MACHINES A ÉCRIRE[1]

PAR

M. O. de ROCHEFORT-LUÇAY

Origine des machines à écrire.

Le premier brevet pour une machine à écrire a été pris, le 17 janvier 1714, par un Anglais, Henri Mill. On n'a pas de renseignements précis sur l'appareil et le travail qu'il permettait d'obtenir. Selon toute probabilité, il donnait des impressions en relief et était destiné aux aveugles.

En 1784, en France, une machine à écrire, aussi pour les aveugles, apparaît. Mais on ne connaît pas le nom de l'auteur ni l'aspect de la machine.

En juillet 1829, Wm. Austin Burth de Détroit (Michigan) prend, aux États-Unis, un brevet pour une machine le « Typographer ». L'appareil permettait d'écrire, mais lentement, et ne donna aucun résultat commercial.

En 1833, un de nos compatriotes, Xavier Progrin, de Marseille, fait breveter une machine à écrire qu'il nomme une machine typographique *(fig. 1)*. Elle est décrite dans le recueil des brevets d'invention (2); les dessins ne sont pas complets *(fig. 2)*. Au point de vue mécanique, la machine est intéressante et elle permettait d'obtenir un résultat. C'était le mécanisme qui se déplaçant au-dessus du papier à plat donnait l'impression. Non seulement on pouvait imprimer des caractères typographiques, mais aussi la musique.

Chaque caractère imprimant était fixé à l'extrémité du grand bras d'un levier *(fig. 3)* qu'une tige à crochet faisait se rabattre sur le papier quand on la soulevait. Les axes des leviers étaient

(1) Voir la planche 171.
(2) Volume 37, première série, planche 36.

disposés sur un cercle et au repos les caractères reposaient sur un coussin superficiellement encré. Chaque caractère frappait sur le papier au centre de la projection du cercle des axes.

Les mouvements d'avancement pour les lettres et pour les lignes s'obtenaient avec crémaillères et rochets par l'action directe des mains; d'après le dire de l'inventeur, cette machine permettait d'écrire aussi vite qu'à la main.

C'est la première machine à types sur leviers séparés disposés sur un cercle, cette disposition fut beaucoup imitée ensuite.

En 1841, Pierre Foucauld, un aveugle français, invente une machine spéciale employée longtemps dans beaucoup d'institutions d'aveugles.

La seconde machine à écrire, inventée aux États-Unis, date du 26 août 1843, elle est due à Charles Thurber, de Wercester Massachussets *(fig. 4)*. Une roue horizontale autour de laquelle étaient fixés des sortes de pistons dont les extrémités supérieures portaient les touches et les inférieures les caractères imprimants, était mobile sur un axe. Cette roue était tournée à la main jusqu'à ce que le caractère désiré vienne en face d'un guide fixe, on enfonçait la touche qui, dirigée par le guide, portait le type sur le papier. Le papier était enroulé sur un cylindre à axe horizontal; une touche spéciale d'avancement du rouleau était pressée après chaque impression. Un levier à rochet faisait tourner le rouleau, pour l'interligne. L'encrage se faisait par un rouleau encreur que les types rencontraient dans la rotation de la roue porte-pistons. Cette machine avait été construite pour un riche Américain qui avait la crampe des écrivains. Elle a été retrouvée après trente ans et restaurée. L'impression obtenue était bonne, mais la lenteur de l'écriture empêchait tout emploi pratique. Thurber a donné le premier la forme du rouleau actuel. C'est le type des machines à double mouvement, dont nous parlerons plus tard et dont le défaut est la lenteur.

Dans la même année 1850, Olivier T. Eddy, de Baltimore, prend un brevet pour une machine à écrire *(fig. 5)*. Dans sa demande il définit admirablement la machine à écrire : « une machine pratique par laquelle on puisse facilement imprimer soi-même et qui permette de remplacer la plume dans les transactions commerciales de chaque jour ! » Il explique comment il faut remplacer les mouvements de la presse à imprimer, qui imprime d'un seul coup, par une machine donnant les impressions successives de chaque lettre, enfin, il pose admirablement le problème, mais

il emploie pour le résoudre des moyens si compliqués et son appareil, d'une curieuse mécanique, est si grand qu'il n'est jamais entré dans la pratique et qu'aucun de ses organes n'a survécu.

John Jones, de Clyde (État de New-York), prend, en 1852, un brevet pour une machine plus simple *(fig. 6)*. Elle consistait en une sorte de couronne horizontale renversée dont les fleurons eussent été les types fixés sur elle. Cette roue à types pouvait tourner horizontalement au moyen d'une manette. Quand le caractère demandé arrivait devant un guide, placé au-dessus du rouleau, une pression sur la manette enfonçait la couronne tout entière et la lettre en bonne place s'imprimait.

Nous voyons apparaître là, pour la première fois, le chariot mobile portant le rouleau sur lequel s'enroule le papier.

Le chariot était dirigé parallèlement à un rayon de la roue porte-types et son axe allant du centre à la périphérie.

La longueur d'impression d'une ligne ne pouvait pas dépasser la longueur du rayon de la couronne porte-types. Le chariot était monté sur des roulettes roulant sur des rails. Un ressort toujours tendu attirait le chariot vers le centre et un déclic, mis en mouvement automatiquement quand la couronne remontait après une impression, laissait avancer d'un espace le chariot vers le centre et donnait ainsi la place prête pour un nouveau caractère à imprimer. L'interligne se faisait à la main au moyen d'une roue à rochet. Cette machine n'eut aucun succès commercial et est complètement oubliée.

En 1856, Alfred Elie Bach, un Américain, expose une nouvelle machine permettant d'écrire rapidement *(fig. 7)*. Elle ne donnait l'impression que sur une bande de papier étroite, comme celle qui sert aux télégraphes imprimants actuels. L'inventeur ne fut pas satisfait de la netteté de l'impression et de l'alignement. L'encrage se faisait au moyen d'un ruban imprégné d'encre et les types frappaient ce ruban qui les décalquait sur le papier. Bach fit un second modèle de sa machine dans lequel les caractères apparaissaient en relief sur le papier sans être encrés. L' « American Institute » lui accorda la plus grande récompense dont il disposait à cette époque.

Cette machine, comme celle de Progrin, de Marseille, était à types sur leviers séparés. Le clavier, placé comme dans les machines actuelles, se composait de touches s'enfonçant verticalement; chacune transmettait le mouvement au levier porte-types correspondant par l'intermédiaire de deux coudes axés et de deux

tiges. Ces machines marquaient un grand progrès au point de vue mécanique, mais elles ne furent que des modèles et ne donnèrent lieu à aucune affaire commerciale.

En 1857, le docteur S. W. Francis, de New-York, fait breveter une machine à écrire. Elle était à types sur leviers séparés et disposés sur un cercle; un rouleau portait le papier et l'encrage se faisait par un ruban encreur qui était doué d'un mouvement automatique. Cette machine, qui se rapprochait des machines modernes à leviers séparés, semble être la première ayant donné un travail régulier et assez rapide. Elle était délicate et n'a jamais été construite d'une manière industrielle.

Dans une exposition spéciale, à Buffalo (New-York), en 1885, fut placée une ancienne machine, inventée en 1865 par M. G. House, de Buffalo.

Elle ressemblait beaucoup à la Remington N° 1 dont nous parlerons plus loin, avec cette différence que le chariot, au lieu de se mouvoir de gauche à droite était perpendiculaire à la direction des lignes et tournait sur son axe à chaque impression. L'interligne se faisait par un avancement longitudinal.

Une fenêtre ménagée dans un guide très près du papier, laissait passer le type pour assurer l'alignement, comme dans certaines machines modernes; l'alignement, malgré cette précaution, était défectueux. Aucun brevet ne fut pris.

A l'Exposition de Paris de 1868 parut une machine à écrire de la catégorie des machines à types sur leviers séparés, due à Thomas Hall, de New-York, qui l'avait brevetée l'année précédente.

Cette machine, d'assez grande dimension, permettait d'écrire 400 caractères par minute. Le chariot était placé en bas et à l'arrière de la machine. Elle donnait les majuscules, les minuscules, signes et chiffres. L'avancement du chariot s'effectuait pendant la descente du type et était proportionnel à la largeur du caractère imprimé, ce qui donnait à l'impression l'aspect de la typographie.

Le retour du chariot, la ligne finie, s'obtenait en actionnant un levier spécial. L'encrage était à ruban encreur.

Au moment où cette machine allait être construite industriellement, des différends survenus entre les associés pour son exploitation la firent abandonner. A l'époque, elle eût eu probablement du succès.

Quatorze ans après, Thomas Hall fit une machine à double mouvement, que son bon marché fit vendre beaucoup.

En 1867, l'Américain John Pratt, de Centre Alabama, fait breveter une machine à écrire qu'il appelle Ptérotype, dont le fonctionnement est basé sur des idées, alors entièrement nouvelles *(fig. 8)*. Les touches, divisées en deux groupes, sont placées comme celles de la plupart des machines modernes. La partie imprimante se compose d'une plaque métallique rectangulaire portant en relief soixante-dix types, distribués par dix sur sept rangées horizontales; les types se correspondant par sept dans le sens vertical.

Il y a deux groupes de touches, le groupe de gauche composé de six touches dont chacune commande une ligne horizontale particulière de types, et le groupe de droite composé de dix touches dont chacune commande une ligne verticale particulière de types. En enfonçant ensemble deux touches convenablement choisies, on amène le type désiré au centre d'impression de la machine. Chacune des touches du groupe de six soulève plus ou moins la plaque; chacune des touches du groupe de dix la fait avancer plus ou moins latéralement. Ces deux mouvements ayant lieu dans un plan vertical.

De plus, les touches du groupe de dix commandent le mouvement d'un petit marteau qui vient frapper d'arrière en avant le type venu au centre d'impression de la machine. Ce petit marteau est unique et chacune des touches du groupe de dix lui communique un mouvement identique.

Le papier est mis dans un cadre et est recouvert en avant d'une feuille de papier chimique décalquant. Le papier se trouve ainsi, au repos, entre la plaque à types et le marteau.

Il fallait, pour imprimer un caractère, frapper à la fois la touche correspondant à son rang horizontal et celle correspondant à son rang vertical; le caractère demandé se présentait au centre d'impression devant le recto du papier recouvert de sa feuille décalquante; le petit marteau venait alors frapper le verso, portait l'ensemble des deux feuilles sur le type qui se trouvait décalqué, en bonne place, sur le papier.

En revenant en place une fois lâchée, la touche du groupe de dix faisait de plus avancer le cadre latéralement de la distance nécessaire à l'impression d'un nouveau caractère.

Il y avait une touche spéciale ne commandant que ce dernier mouvement, pour faire l'espacement entre deux mots.

Pour l'interligne et le retour du cadre-papier, on déplaçait le cadre au moyen de leviers et de crémaillères appropriées.

La plaque porte-types était obtenue galvaniquement.

L'inventeur modifia son appareil et fit un second modèle dans lequel la plaque porte-type rectangulaire fut remplacée par un secteur, ou portion de barillet, sur lequel les caractères étaient en relief. Le mouvement latéral de la plaque était remplacé par un mouvement de rotation. Cette disposition à barillet porte-types animé de deux mouvements et à marteau a été imitée depuis et des machines modernes la comportent.

Cette machine très ingénieuse et qui faisait le plus grand honneur à son inventeur imprimait bien, mais elle était délicate, compliquée, et les modèles construits par l'inventeur ne le furent que pour son usage personnel.

La machine à écrire allait entrer dans le domaine de la pratique.

Carlos Glidden, de Milwaukee (États-Unis), proposa aux deux imprimeurs MM. Christopher Latham Sholes et Samuel W. Soule qui s'occupaient déjà d'une machine à numéroter les bank-notes, de s'occuper de l'invention d'une machine à écrire. C'est la lecture des journaux parlant de la machine de Pratt qui lui donna cette idée.

De leur collaboration naquit la première Remington, connue d'abord sous le nom de Sholes et Glidden Typewriter, brevetée le 23 juin 1868. A eux se joignit M. Jean Densmore qui, peu après, resta seul avec Sholes, les deux autres associés s'étant retirés.

Densmore promit de soutenir Sholes de ses capitaux et ce dernier perfectionna l'appareil. Vingt-cinq à trente modèles furent successivement construits et mis dans les mains de sténographes. En 1873, les inventeurs trouvèrent l'appareil assez bien pour le mettre sur le marché. Ils s'adressèrent, pour le construire industriellement, à la maison E. Remington, à Illion (New-York), qui fabriquait déjà des machines à coudre et des fusils. De 1875 à 1877, trois mille de ces machines à écrire furent vendues.

Ce fut la première machine à écrire employée dans le public; elle était vendue 125 $, soit 625 *f*. Un spécimen de cette machine est sous vos yeux. Elle est à types sur leviers séparés et donne quarante-quatre caractères, comprenant vingt-six majuscules, neuf signes de ponctuation et huit chiffres. Le 1 se faisait avec I et le 0 avec O. Elle n'écrivait qu'en capitales.

Les leviers à types reposent dans l'intérieur d'une sorte de tronc de cône renversé formé par leurs logements *(fig. g)*. Les axes sont sur le grand cercle de la partie supérieure et les types sur le petit de la partie inférieure. Au petit bras du levier 1 est attaché le fil de traction 1,2 qui correspond au levier de touche 2,3 en

bois, levier simplement accroché à un axe horizontal 4 à l'arrière de la machine et maintenu soulevé par un ressort inférieur 5 en forme de V: appuyant sur la touche, le levier-type se soulève et le type vient frapper au centre d'impression 6 qui est à la partie supérieure de la machine un peu au-dessus du centre du cercle supérieur du tronc de cône.

Le chariot du rouleau porte-papier est à la partie supérieure de l'appareil, il roule sur trois galets, deux postérieurs et un antérieur, ce dernier porte un index indiquant sur une règle graduée le nombre de caractères imprimés. A l'arrière du chariot est fixée une crémaillère.

Sur le bâti, à gauche, est une boîte contenant un ressort spirale, cette boîte forme poulie d'enroulement et sur elle est fixé un fil flexible attaché au chariot. La tension de ce ressort attire le chariot à gauche. L'impression d'un caractère détermine l'avancement du chariot de la façon suivante *(fig. 10)* :

Un levier coudé porte deux arrêts l'un fixe et l'autre mobile dans le sens du mouvement du chariot et ramené en sens contraire de ce mouvement par un petit ressort de rappel.

Le levier de touche agit sur la seconde branche du levier coudé.

Si on appuie sur une touche, l'arrêt fixe entre dans un cran de crémaillère. L'arrêt mobile devient libre et est ramené par son ressort en face du cran suivant. A ce moment la lettre est imprimée. Après l'impression, la remontée de la touche fait sortir l'arrêt fixe et engage l'arrêt mobile, qui cède à la traction du ressort spirale, le chariot avance d'un cran, l'arrêt mobile se plaçant dans le prolongement de l'arrêt fixe, ce qui fait qu'à chaque impression le chariot avance d'un cran de la crémaillère.

La touche d'espacement est constituée par une barre de bois placée à l'avant du clavier, elle fait avancer le chariot d'un cran de la crémaillère, quand on la frappe sur un point quelconque. Un timbre placé sur le bâti est rencontré par un marteau fixé au chariot, à un certain moment de la course de ce dernier, et avertit que la ligne est près de finir; on peut déplacer le marteau longitudinalement sur le chariot et faire sonner au moment choisi de la course.

La machine donne trois interlignes différentes; le retour de gauche à droite du chariot se fait en appuyant sur une pédale qui est reliée au chariot par un cordon passant sur des galets. Par un dispositif assez simple, le chariot en arrivant à fond de course, à droite, fait en même temps l'interligne.

L'encrage se fait par un ruban encreur roulé sur deux bobines, dont l'une reçoit son mouvement du chariot, et l'autre est munie, à l'intérieur, d'un ressort spirale de tension. A chaque impression, le ruban avance pour offrir une place décalquante neuve.

Le papier se place d'arrière en avant entre le rouleau de caoutchouc d'impression et un rouleau guide-papier en bois dur. Ces rouleaux sont pressés l'un contre l'autre par deux lanières de caoutchouc passant sur des galets. L'impression n'était pas très nette et l'alignement devenait vite défectueux; chaque faute de l'opérateur frappant en même temps deux touches faisait coincer deux types au centre d'impression, ce qui faussait les leviers. Cette cause de détérioration est, du reste, le grand défaut de toutes les machines à types sur leviers séparés, dans lesquelles l'alignement se conserve peu longtemps.

L'invention de la Remington est donc due réellement à Sholes qui, au bout de dix ans, se retira de l'affaire à son tour.

Les perfectionnements qu'il apporta à la machine Remington ainsi que ceux qu'on fit après son départ ne furent que des détails et les principaux organes ont eté toujours conservés.

Le mouvement au pied pour le retour du chariot, qui ne donne qu'une économie illusoire de temps et force à avoir une machine fixée à une table spéciale, fut vite abandonné. Le retour du chariot se fit au moyen d'une manette.

L'impression produite n'est pas visible à l'opérateur qui est obligé de soulever le chariot chaque fois qu'il veut voir ce qu'il écrit.

Les Machines actuelles.

Les États-Unis ont, jusqu'à présent, le monopole à peu près absolu de la fabrication des machines à écrire. De 1875, date de l'apparition de la première sur le marché, jusqu'en septembre 1894, il a été fabriqué 400 000 machines à écrire à grande vitesse de tous systèmes. Un an et demi après, la production aurait augmenté de 50.000.

Sur les 450 000 machines à grande vitesse fabriquées de 1875 à 1896, on compte :

Exportation	175.000
Dans les usines et dépôts	30.000
Usées ou types abandonnés	95.000
En fonction aux États-Unis	150.000
Total	450.000

La valeur de ces 450.000 machines est estimée 30 millions de dollars ou 150 millions de francs.

Les machines à écrire à grande vitesse, en usage, peuvent toutes se ramener à trois genres différents :

1° Les machines à types sur leviers séparés, dont la Remington est un exemple ;

2° Les machines à barillets porte-types et à marteau postérieur, dont l'origine est la seconde machine Pratt ;

3° Les machines à barillets porte-types, à action directe, qui sont les plus modernes, dont nous parlerons plus loin. .

Il y a aussi d'autres machines à écrire basées sur des principes autres, mais elles n'ont pas fait leur preuve, nous en dirons quelques mots.

Ceci forme la catégorie des machines à grande vitesse.

Les machines à double mouvement sont celles où il faut amener par un mouvement quelconque et à la main, le type au centre d'impression, puis le porter sur le papier, d'un second mouvement. Ces machines, d'impression lente, peuvent avoir un intérêt spécial dans certains cas ; la plupart sont des jouets. La machine Thurber, que nous avons décrite, en est un exemple.

Dans les différentes machines modernes l'encrage se fait de trois manières :

1° Soit par ruban encreur, qui se déroule entre le type et le papier ; au moment de l'impression le type se décalque. Il exige des machines percutantes ;

2° Par tampon encré, sur lequel les types sont placés au repos, chacun successivement quittant le tampon et venant s'y replacer après chaque impression ;

3° Par rouleau encré ; dans ce système, le rouleau contenant l'encre passe sur le type et l'enduit d'encre au moment où il va s'imprimer.

En 1891, M. Blickensderfer, de Stamford (Connecticut), prit un brevet pour une machine à écrire absolument nouvelle ; elle était du troisième genre, à barillet, à action directe.

Un barillet léger porte les types en relief sur trois rangs de vingt-huit signes chacun *(fig. 11)*. La machine donne donc 84 caractères différents.

Chaque touche fait tourner le barillet de l'angle correspondant au caractère à imprimer et porte ce caractère sur le papier.

L'encrage est à rouleau encreur.

Considérons les mouvements qui se produisent quand on en-

fonce une touche; celle portant la lettre P, par exemple, et qui est à droite de la machine *(fig. 12)*.

Cette touche est fixée à une clé supportée par un ressort et accrochée en I à l'axe d'arrière. La clé porte deux crans d'appui 2 et 3, le cran 2 est plus bas que le cran 3.

Deux petits châssis 4 et 5 dont les côtés, situés vers le centre de la machine, sont prolongés vers le haut et forment un bras denté en arrière et un crochet en avant, sont entourés d'un troisième châssis 6, également muni d'un bras denté, bras qui se trouve entre les deux autres.

Une équerre est fixée au milieu et sur le côté avant du grand châssis; elle empêche les petits châssis de monter plus haut que le grand. Les trois châssis sont tous trois mobiles autour de l'axe commun d'arrière et sont soutenus chacun par un ressort différent. Le cran 2 de la clé repose sur le petit châssis 4, le cran 3 est au-dessus du côté avant du grand châssis.

A la partie supérieure de la machine est un arbre mobile autour de deux tourillons et parallèle au grand axe d'arrière *(fig. 13)*. Il est muni, en son milieu, d'une pièce 7 qui fait corps avec lui et qui donne passage à l'arbre du barillet, qui peut glisser dans cette pièce de haut en bas, en passant par un trou ménagé dans le milieu de l'arbre *(fig. 14)*.

Un doigt supérieur d'arrêt embrasse en avant la pièce 7 *(fig. 15)*, il est muni de deux flasques que l'arbre traverse; la flasque de gauche est dentée.

Deux secteurs dentés, en 8 et en 9 pour celui de droite *(fig. 16)*, en 10 et en 11 pour celui de gauche, tournent autour de l'arbre supérieur de chaque côté du doigt supérieur. Un étrier portant à l'arrière un doigt inférieur d'arrêt maintient ces pièces sur l'arbre. Entre les dents 8 et 10 des deux secteurs, et enfilé sur l'arbre du barillet sur lequel il peut tourner, est un pignon satellite *(fig. 11)*.

Ce satellite porte, fixé à sa partie supérieure, un cœur denté de vingt-huit encoches, une étoile à vingt-huit crans et une manivelle. Ce satellite tourne librement autour de l'arbre du barillet, mais sans pouvoir monter dans le sens longitudinal, étant retenu après la pièce 7. Le barillet est muni d'un verrou engagé dans une rainure circulaire de l'arbre 12, il peut tourner. Un œillet d'acier, placé à sa partie inférieure, reçoit la manivelle de la pièce portant satellite et cœur, et le rend solidaire des mouvements de cette pièce.

Appuyons sur la touche P, la clé par le cran 2 enfonce le petit

châssis 4. Le bras de ce châssis 4 engrène avec les dents 8 du secteur de droite, en commençant par lâcher la pointe inférieure de ce secteur. Le satellite portant le cœur tourne et le bord du cœur, grâce à sa forme excentrée, rase le doigt supérieur immobile, bien que l'arbre du barillet s'incline. Le satellite roule sur le secteur 10-11, maintenu immobile par l'arrêt du châssis de gauche 5.

A un moment donné du mouvement, le cran 3 vient porter sur le grand châssis et l'enfonce; à cet instant le bras du grand châssis engrène avec la flasque dentée du doigt supérieur, qui se porte en avant et entre dans le cran du cœur qui correspond à P.

L'équerre du grand châssis vient appuyer sur le châssis de gauche 5 qui rend libre le secteur de gauche, lâchant son extrémité, et les trois secteurs, maintenant le satellite commandant le barillet en position d'imprimer la lettre P s'inclinent ensemble et font basculer le barillet. Le barillet rencontre le rouleau encreur qui passe sur le type P; l'étoile dentée rencontre un guide qui, en entrant dans celui de ses crans qui correspond à P, assure la parfaite impression du type sur le papier. Les clés ne diffèrent entre elles que par la distance entre les crans 2 et 3. Plus cette distance est grande, plus grand est l'angle de rotation du barillet (*fig. 17*).

Dans le mouvement de bascule, une came de la pièce 7 a repoussé en arrière le système d'avancement du chariot. En revenant à la position de repos, l'avancement d'un cran de la crémaillère se produit par deux doigts dont l'un pousse la crémaillère et l'autre arrête le chariot en bonne place, pour une nouvelle impression.

Le barillet tourne autour de son arbre, mais il est solidaire des mouvements qu'on peut imprimer à cet arbre dans le sens de son axe. Pour amener les types des deux rangées inférieures du barillet à la hauteur du centre d'impression, il y a deux clés spéciales qui, élevant plus ou moins une came de levage qui appuie sur le talon de l'arbre du barillet, l'élève au second ou au troisième rang. Le barillet monte avec l'arbre et l'œillet glisse le long de la manivelle du satellite qui est assez longue pour commander le barillet à quelque rang qu'il soit. La marche des autres éléments du mécanisme n'est changée en rien.

Le second rang est réservé aux majuscules; le troisième aux chiffres et signes de ponctuation.

Le barillet peut se remplacer par l'opérateur lui-même quand

il veut changer de genre d'écriture ou que le barillet est fatigué par un long usage. Ce barillet est très dur et très léger.

L'écriture est visible du commencement de la page au mot même qu'on écrit. Cette machine permet d'obtenir d'un seul coup jusqu'à huit exemplaires de la lettre écrite, en alternant des feuilles minces et des feuilles décalquantes appropriées.

La machine sonne pour avertir que la fin de la ligne approche, elle donne des interlignes réglables à volonté ainsi que la marge. Tout l'appareil pèse 2,700 *kg* et il est cependant très stable, le chariot étant bas ainsi que le bâti.

Aux trois types généraux de machines que nous avons décrits se ramènent avec certaines modifications toutes les autres actuellement en usage. Les machines les plus connues sont les suivantes :

PREMIER GENRE : TYPES SUR LEVIERS SÉPARÉS.

1° *Encrage par ruban encreur.* — Remington - Calligraphe - Densmore - Franklin - Bar Lock - International - Merrit - Smith Premier.

2° *Encrage par tampon encreur.* — Yost et William.

DEUXIÈME GENRE : A SECTEURS PORTE-TYPES ET MARTEAU POSTÉRIEUR.

1° *Encrage à ruban.* — Hammond - Munson.

TROISIÈME GENRE : A BARILLET A ACTION DIRECTE.

1° *à ruban.* — Crandall.

2° *à rouleau encreur.* — Dactyle (Blickensderfer aux États-Unis).

Toutes ces machines sont à grande vitesse.

Parmi les machines à deux mouvements une a été inventée par Edison; elle est destinée à perforer le papier stéariné de son miméographe. Elle est très robuste et excellente pour ce travail spécial, qui n'exige pas de rapidité.

Une seconde est la machine de Hall dont il s'est vendu environ 15 000 aux États-Unis.

Parmi les machines basées sur d'autres principes, nous citerons :

1° La « Writing Ball » la sphère écrivante *(fig. 18)*. C'est une calotte sphérique, soutenue au-dessus d'un chariot porte-papier. Le centre de la sphère coïncide avec le centre d'impression.

Sur cette sphère sont des pistons portant d'un côté la touche et de l'autre le type et dont les axes sont dirigés suivant un rayon de la sphère. Enfonçant une touche, elle porte le type au centre

d'impression. Cette machine suédoise, je crois, aurait, paraît-il, du succès dans le pays de l'inventeur M. Hanson. Elle est pratiquement inconnue aux États-Unis et en France. On la perfectionne, à ce qu'on dit, pour la faire marcher à l'électricité.

2° La « Pneumatique » *(fig. 19)*. Des pistons à air, portant un type, sont disposés dans un tronc de pyramide, dont le petit côté est placé devant un chariot, dont le sommet coïncide avec le centre d'impression. Chaque piston est relié par un tube à une petite demi-sphère en caoutchouc, sur laquelle est peint le caractère que le type porte. Appuyant du doigt sur la sphère, la pression de l'air produite vient chasser le piston et le type s'imprime. La machine est à ruban encreur et munie de tous les perfectionnements. Cette machine que j'ai vue dernièrement en Angleterre est pratiquement abandonnée. Le retour en place des pistons porte-caractères se fait lentement et d'une façon peu sûre. Les coincements des tiges porte-types sont constants ; de plus, le toucher est peu agréable, les sphères formant ventouses sous les doigts.

L'idée n'en est pas moins fort curieuse.

Une troisième invention est ce que j'appellerai le comble de la simplicité dans ce genre de machines :

Un Anglais, M. Cary, a imaginé de fixer des types en caoutchouc sous les doigts d'un gant de peau spécial *(fig. 20)*. Du bout d'un doigt à la troisième phalange il y avait sept types. Le dactylographe mettait une paire de ces gants, passait les types sur un rouleau encreur à sa portée et portait les types successivement sur le papier placé sur un rouleau, soutenu par un bâti. M. Cary prétendait que les doigts de la main humaine étant le plus délicat des leviers, cette machine à écrire était la seule rationnelle. Ces gants étaient bon marché, 10 *f* la paire ; ce qui n'empêcha pas l'invention de disparaître.

Les machines à imprimer la sténographie n'ont jamais donné de bons résultats et ne sont pas employées pratiquement.

Un appareil curieux qui résoudrait ce problème est le phonographe enregistreur ou Phonautographe dont l'inventeur est M. A. C. Rumble de San Francisco.

C'est, en somme, un enregistreur automatique comme ceux qu'emploient les physiciens, qui reçoit les impressions de la membrane vibrante d'un phonographe.

Les oscillations, convenablement transmises et amplifiées, s'inscriraient de telle manière qu'une même syllable se reconnaîtrait.

C'est une sorte de sténographie lisible, pour qui l'aurait étudiée, qui apparaîtrait sur le papier du rouleau enregistreur. L'appareil commencé en 1894 n'est pas encore fini et son inventeur n'a pas fait connaître le mécanisme.

Les machines à écrire sont beaucoup employées par les aveugles et c'est même pour eux que les premiers essais furent faits. Toutes les machines sur les touches desquelles on fait mettre en relief ou en creux les caractères, soit en caractères de Braille, soit en caractères ordinaires, peuvent servir. Ils n'ont même pas besoin ordinairement de cette modification et arrivent à savoir leur clavier par cœur avec une déconcertante rapidité.

On a fait pour eux des machines spéciales qui impriment à la fois le caractère en caractère ordinaire et celui de Braille en relief dans l'interligne. Ces machines rentrent dans la catégorie des machines à double mouvement.

Nous allons comparer la vitesse de la parole, de la sténographie, de la machine et de la plume.

Parole. — L'homme qui semble avoir parlé le plus vite du monde est un Hongrois qui se montrait en public pour sa rapidité d'élocution. Il a, en hongrois, un répertoire de 20 000 mots qu'il répète en 40 minutes, soit à 500 mots par minute. C'est une suite de substantifs qui se suivent sans aucun rapport.

En Français, d'après des expériences que j'ai faites, 240 mots à la minute forment un débit suivi, 288 un débit très pressé. Les dames parlent plus vite que les hommes d'une façon distincte, de même que les gens qui ont la voix haute.

La moyenne est 172 mots à la minute.

Pour la sténographie, le champion américain, M. Isaac S. Dément, champion du monde pour l'anglais, écrit 250 mots à la minute pendant 5 minutes. Le champion anglais, Georges W. Bunbury a donné 200 mots à la minute pendant 10 minutes consécutives.

Pour le français, une bonne vitesse est de 125 à 160 mots à la minute.

Dactylographie. — Le 14 avril 1893, R. J. Ludcow a écrit en une heure 61 lettres commerciales différentes sous la dictée. Elles contenaient 11 445 mots; en lui accordant 3 minutes pour les 61 changements de papier, cela faisait un temps de 57 minutes, soit 201 mots à la minute en moyenne.

Aux États-Unis, les dactylographes faisant 100 à 110 mots sous la dictée ne sont pas rares.

Quelle est la vitesse moyenne des machines à écrire ?

Des expériences offrant des garanties sont les concours que le Syndicat général des Sténographes et Dactylographes de France organise chaque année depuis 1889, concours qui réunissent les meilleurs opérateurs de France et de Belgique.

Grâce à l'obligeance de M. Toni Mathieu, fondateur et vice-président du Syndicat des Sténographes, à qui je dois d'intéressants renseignements sur les concours de machines à écrire, j'ai recueilli quelques détails sur la façon dont ils sont organisés.

La première épreuve, dite de *phrase répétée*, consiste en la répétition, pendant 5 minutes d'une phrase communiquée aux concurrents une huitaine de jours à l'avance. Naturellement, la phrase choisie est composée de mots très courts, afin de donner un total de mots très élevé pour un espace de temps donné. Cette année, la phrase imposée était la suivante : *Il a tort de ne pas me dire ce qu'il a vu.* Le concurrent classé premier l'a écrite 63 fois et une fraction en 5 minutes, ce qui représente 828 mots, ou 2 738 touchers (lettres ou espaces) soit *9 touchers 1/8* à la seconde. C'est la plus grande vitesse obtenue en français jusqu'à présent.

Cette épreuve peut être considérée comme le *tour de piste* des courses vélocipédiques, elle indique quelle dextérité peut atteindre un dactylographe.

La seconde épreuve consiste en la *copie*, pendant 10 minutes, d'un texte inconnu des concurrents et communiqué au moment même de l'épreuve. C'est généralement un article de journal; il arrive donc que le sujet est plus ou moins facile; ainsi cette année, le premier concurrent a fait 598 mots seulement, tandis qu'en 1894, il avait été écrit *730 mots* en 10 minutes !

L'épreuve suivante, également importante, est une *dictée* de 15 minutes d'un texte également inconnu des concurrents, chacun d'eux amenant son dicteur. C'est cette année que la plus grande vitesse a été atteinte : 1 146 mots, soit *76 mots 1/2* à la minute.

Les chiffres que je viens de vous citer vous semblent évidemment représenter des vitesses élevées; mais, pour leur donner leur véritable valeur, il est nécessaire d'établir une comparaison avec la vitesse de l'écriture ordinaire.

Je crois pouvoir dire que l'on se fait souvent illusion sur la rapidité de l'écriture à la plume. Maintes fois, vous avez entendu dire, si même vous ne l'avez dit vous-même, que dans les écoles, certains élèves écrivaient si vite qu'ils prenaient le mot à mot

du professeur... On oublie que les notes ainsi prises n'étaient le plus souvent qu'un résumé, bien fait si vous le voulez, mais très succinct de la leçon du professeur, résumé écrit d'une façon très abrégée, rempli de *sigles* ou mots indiqués seulement par leur initiale, et le tout d'une écriture généralement assez illisible.

Ce n'est donc pas d'une écriture de ce genre qu'il faut parler, mais bien d'une écriture lisible pour tout le monde, sans abréviations, convenable en un mot. Eh bien, d'expériences faites récemment et dont les résultats m'ont été communiqués par M. Toni Mathieu, il ressort qu'un expéditionnaire d'administration fait 10 mots à la minute, un employé de commerce 15 mots, quelques écrivains habiles 18 et même 20 mots. Bien entendu, il ne s'agit pas d'une expérience d'une ou deux minutes, mais bien d'essais de longue haleine permettant de se rendre compte de la vitesse moyenne continue.

Mais si nous ramenons à des chiffres modestes la rapidité de l'écriture ordinaire il nous faut aussi, pour la dactylographie, diminuer les chiffres que je vous citais tout à l'heure. Les vitesses de concours ne peuvent être obtenues pratiquement pendant toute une journée de travail.

Pour ne pas être taxé d'exagération, je vous dirai qu'en copiant un très bon opérateur peut faire 40 mots à la minute.

C'est donc une vitesse triple de celle de l'écriture à la plume. C'est d'ailleurs cette proportion que l'on retrouve, toutes conditions étant égales. C'est à dire que si certains scribes peuvent donner 20 mots mal écrits pendant une heure, quelques dactylographes en feront 60. Mais je veux parler ici d'un travail correct, propre, agréable à l'œil, qu'apprécient immédiatement ceux qui ont l'habitude de se servir de la machine à écrire.

Il est une qualité qui doit attirer votre attention dans l'écriture à la machine : c'est qu'elle est toujours parfaitement lisible; dans aucun cas, elle n'est inférieure à la lisibilité de l'écriture à la plume, et elle lui est presque toujours supérieure. C'est un point qui a la plus grande importance en affaires où il est nécessaire de lire sans se tromper, sans une hésitation, où il est très agréable de pouvoir embrasser d'un coup d'œil l'ensemble d'une correspondance.

La machine à écrire n'aurait-elle que ces qualités qu'elle offrirait une supériorité écrasante sur l'écriture ordinaire et qu'elle devrait lui être toujours préférée. Mais, de plus, elle possède une grande rapidité, ainsi que je vous l'ai expliqué tout à l'heure.

Dans ces conditions, sa supériorité est telle que l'on comprend maintenant pourquoi l'emploi de la machine à écrire a pris un si grand développement.

Les machines à écrire ont un grand intérêt au point de vue social. Sans parler des usines que leur fabrication fait prospérer, il faut compter aussi les nombreux employés des deux sexes, en général aussi sténographes, pour qui écrire à la machine est un véritable métier.

Aux États-Unis, sur cinq sténographes dactylographes, on compte quatre femmes.

Le salaire moyen des employés féminins est de 12 $ ou 60 *f* par semaine.

Le salaire des quarante-huit sténographes dactylographes hommes employés par le gouvernement du seul état de New-York est de 49515 *f*, soit de 10315 *f* par employé. Le salaire le plus élevé est celui de la « Surrogate Court », qui est de 15000 *f* par an.

Il y a vingt mille sténographes dactylographes à Londres.

A New-York, on compte une machine par cinquante habitants.

Le tableau suivant donne le nombre de machines à écrire qui sont dans chaque ville des États-Unis et la proportion de machines par rapport à la population.

Villes des États-Unis.	Nombre de machines.	Proportion des machines par rapport à la population.
New-York City.	35 000	1 par 50 habitants
Brooklyn	5 000	—
Chicago.	15 000	—
Philadelphie.	14 500	1 par 75 habitants
Boston	6 000	—
Saint-Louis	4 700	—
Baltimore.	4 300	—
San-Francisco	3 000	—
Cincinnati.	3 500	—
Cleveland.	2 600	1 par 100 habitants
Buffalo	2 500	—
New-Orléans	1 500	—
Pittsburg	2 300	—
Washington.	3 500	—
Detroit	2 000	—
Milwaukee	1 800	—
A reporter. . . .	107 200	

Villes des États-Unis.	Nombre de machines.	Proportion des machines par rapport à la population.
Report	107 200	
Newark (N.-J.)	500	1 par 100 habitants
Minneapolis.	800	—
Jersey City	500	—
Louisville.	800	—
Omaha	700	1 par 200 habitants
Rochester.	650	—
Saint-Paul.	650	—
Kansas-City	650	—
Providence	650	—
Denver.	500	—
Indianapolis.	500	—
Allegheny.	300	—
Dans les villes de 30 000 à 100 000 habitants	18 500	
Dans les villes de 5 000 à 30 000 habitants.	8 800	
Dans les petites villes et suburbaines.	8 500	
	150 200	

Sans compter les particuliers qui écrivent directement à la machine aux États-Unis, et les journalistes et romanciers sont presque tous dans ce cas, les hommes d'affaires l'emploient. Ils dictent à des sténographes dactylographes leur correspondance, que ceux-ci prennent en sténographie. Ces derniers rapportent à la fin de la journée les lettres, qui sont relues et signées, les duplicata sont réservés, la copie à la presse prise et les lettres envoyées. De cette manière, environ les deux tiers du temps sont économisés et les lettres sont rédigées complètement par les chefs de service.

Maintenant, beaucoup de chefs de maison dictent au dactylographe, écrivant directement à la machine.

Le phonographe d'Edison est aussi employé. Les lettres sont dictées au phonographe et répétées par l'appareil au dactylographe, qui les écrit à la machine a écrire. Il le met en mouvement et l'arrête avec une pédale, sans interrompre son travail Les récepteurs sont maintenus à ses oreilles par un ressort.

Les machines à écrire commencent à se répandre beaucoup en Europe, surtout en Angleterre et en Allemagne. En France, nous nous y mettons, et certaines administrations de l'État elles-mêmes en font usage.

Les correspondants étrangers des commerçants français paraissent heureux de nous voir écrire à la machine, si nous en croyons l'article suivant du journal le *Sun*, de New-York.

« *Les machines à écrire en France.* — Ces appareils commencent à faire des progrès considérables en France. Cette nouvelle est vivement appréciée de toutes les autres contrées du monde. Car la France, en effet, en a réellement besoin et toutes les puissances se réjouissent à l'avance de ne plus avoir à déchiffrer des lettres manuscrites dont les caractères, en général illisibles, étaient pour les correspondants étrangers un objet de terreur.

» Bientôt, heureusement, les pages d'impression claires et lisibles remplaceront les minuscules pattes de mouches qui caractérisent l'écriture des Français ».

APPLICATIONS DES PNEUMATIQUES
AUX VÉHICULES
AVEC ET SANS CHEVAUX

PAR

M. A.-J. MICHELIN

Ayant été amené, il y a deux ans, pour la défense d'un syndicat de constructeurs français, à faire des recherches dans le but de démontrer que les Anglais n'étaient pas seuls à avoir le droit de fabriquer des bandages pneumatiques, et que, depuis de longues années déjà, le **pneu** était dans le domaine public, l'annonce suivante nous tomba sous les yeux, en feuilletant une collection de *Mechanics' Magazine*. Dans les numéros 1235, 1236, 1237, 1238 et 1239, parus en avril et mai 1847 (il y a donc bien près de cinquante ans) nous avons lu :

MM. Whitehurst and C°, carrossiers, se sont assurés une licence de M. Thomson (le breveté des roues aériennes) pour pouvoir les placer à toutes sortes de véhicules. Ces roues donnent aux voitures une douceur de mouvement complètement impossible à atteindre par n'importe quel sorte de ressort; elles empêchent complètement la voiture de faire aucun bruit, elles préviennent tout choc, toute secousse; et la traction est considérablement moindre qu'avec les roues ordinaires, spécialement sur les mauvaises routes.

Cela s'écrivait en 1847.

C'est un an auparavant, le 22 août 1846, dans le numéro 1202, que le *Mechanics' Magazine* signala, pour la première fois, l'invention de Thomson à ses lecteurs. Il y revient plus en détail dans le numéro du 27 mars 1847, nous y lisons :

L'avantage le plus évident, en réalité, le seul qui, à première vue, semblerait devoir résulter de la substitution d'un bandage élastique à un bandage non élastique, est une diminution du bruit; et de là vient que nous avons été conduits, dans notre premier avis, à caractériser ces roues comme silencieuses plutôt que de les distinguer par une autre propriété quelconque. Il a été si longtemps regardé comme une chose

certaine que la friction est moindre avec les substances dures et plus grande avec les substances molles, que, par un fait d'induction naturelle, sinon peut-être strictement logique, nous en avons conclu que, bien que dans ce cas le bruit pût être moindre, la friction et conséquemment la puissance de traction nécessaire seraient plus grandes. Nous devons avouer franchement que nous nous attendions peu à voir l'inverse de ceci être la vérité. Cependant, il en est ainsi; des expériences conduites avec beaucoup de soin, et que nous avons nous-mêmes répétées et vérifiées, prouvent incontestablement que la friction et la traction sont diminuées d'une façon considérable par l'usage de ces roues. Les expériences que nous signalons ont été faites le 17 mars 1847 par MM. Whitehurst and C°, les éminents constructeurs de voitures, et par l'inventeur, M. William Thomson, sur une longueur de route dans Regent's Park. La moitié de cette route était égale et ferme, et l'autre était couverte de pierres nouvellement cassées.

Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Poids de la voiture.		10 1/2 *q*
Sur une route ferme, unie, dure, macadamisée et de niveau, la traction réelle mesurée en livres a été, avec les roues ordinaires, de.		45 livres.
Avec les roues brevetées, de.		28 —
L'économie de traction pour les roues brevetées est donc de.	100 — 62 =	38 0/0
Sur des cailloux nouvellement cassés :		
Avec roues ordinaires, on a mesuré un effort de. .		120 livres.
— brevetées — — . .		38 1/2 livres.
Économie.	100 — 32 =	68 0/0

L'instrument employé dans les deux cas, pour mesurer la force de traction, était un dynamomètre à ressort ordinaire qui, comme tous nos lecteurs scientifiques le savent, est de beaucoup inférieur à l'appareil à huile et à piston de M. Mac Neill, et ne peut donner que des résultats approximatifs. Toute l'approximation qu'on voudra cependant sera aussi bien en défaveur des roues ordinaires que des roues brevetées et ne pourra pas, en aucun cas, affecter une différence aussi grande que celle de 38 à 68 0/0. Il demeure ainsi établi que nous avons une roue qui, non seulement fait peu de bruit ou qui, à strictement parler, est en elle-même tout à fait silencieuse (car il a semblé que tout le bruit était occasionné par le corps de la voiture et les parties qui s'y rattachent) mais qui exige un bien moindre effort de traction, par conséquent, doit être beaucoup moins sujette à l'usure et durer proportionnellement plus longtemps : on nous a déclaré que les roues de la voiture avec lesquelles nous avons fait nos expériences ont roulé pendant plus de 1 200 milles sur toutes sortes de routes; et cependant nous n'avons pas pu y trouver le moindre symptôme de détérioration ou d'usure.

Les théories émises au début de ce dernier article, sur la friction des roues contre le sol, valurent à son auteur la lettre rectificative suivante d'un ingénieur du temps :

Mechanics' Magazine *du 10 avril 1847.*

MONSIEUR,

L'importance qu'il y a pour votre journal à ne disséminer que des principes mécaniques corrects, m'amène à vous suggérer que la traction d'une voiture est indépendante de la friction entre le bandage et la route et est due : 1° à la friction entre la roue et l'essieu ; 2° à ce qu'on peut appeler la résistance au roulement, à la circonférence de la roue. Cette résistance n'est nullement analogue à de la friction, mais est, en réalité, égale, sur une bonne route ferme, au travail dépensé, et par conséquent perdu, en produisant les vibrations imprimées par les aspérités de cette route, vibrations qui sont suffisamment manifestes quand une lourde voiture passe.

Quand la voiture est suspendue, la force ainsi absorbée est diminuée et c'est pourquoi les faits cités dans l'article de tête de votre dernier numéro 1233, sont parfaitement ceux que des principes mécaniques corrects permettaient de prévoir. Je sais que la résistance au roulement a été *improprement* nommée friction par certains écrivains de mécanique, et c'est probablement ce qui vous a conduit à faire une erreur. Cependant, j'espère que ces quelques mots pourront avoir quelque influence en vous conduisant à remarquer que le *raffinement du langage* a quelque rapport avec le *raffinement de la science.*

Je suis, monsieur, votre, etc.

Signé : J.-F. HEATHER.

Enfin pour terminer ces citations, je vous demanderai la permission de vous lire quelques passages d'un dernier article paru deux ans plus tard dans le même journal *(n° 1347 du 2 juin 1849)* et qui vous montre que l'inventeur était arrivé, après ces deux années d'études supplémentaires, à construire un bandage qui ne diffère de ceux qu'on fabrique aujourd'hui que par des détails insignifiants. Déjà, en 1847, Thomson avait la chambre à air en caoutchouc pur, non toilée, indépendante de l'enveloppe, qu'à cette époque il fabriquait en cuir. En 1849, il construisait son pneu, non plus avec une enveloppe extérieure en cuir, mais bien avec une enveloppe en toile et caoutchouc, et même, tout comme nous, il renforçait l'épaisseur de ce caoutchouc sur la partie roulante du bandage.

The Mechanics' Magazine.

Volume 50, samedi 2 juin 1849, n° 1347, page 522.

ROUES BREVETÉES DE THOMSON.

Nous avons eu récemment le plaisir d'une promenade dans une voiture garnie avec ces roues. Quelques perfectionnements y ont été faits depuis que nous avons donné leur description dans un numéro précédent (1233).

Ces perfectionnements sont d'un caractère très marqué : l'enveloppe

de cuir du tube à air a été remplacée par une enveloppe faite avec une sorte spéciale de toile manufacturée expressément dans ce but, et sur l'extérieur de cette toile, à l'endroit où elle est exposée à l'usure, parce qu'elle vient en contact avec le sol, une bande de caoutchouc a été placée. La résistance du caoutchouc à ce traitement est extraordinaire; non seulement il ne perd pas d'épaisseur, mais la surface initiale reste complètement sans modification. Une preuve curieuse nous en fut donnée en comparant un morceau neuf de caoutchouc vulcanisé avec la surface du caoutchouc sur une roue de voiture qui a été constamment en usage depuis environ deux mois : le caoutchouc neuf était marqué sur sa surface par une impression nettement dessinée de toile fine de coton (cette impression provient, nous le supposons, de ce que le caoutchouc est étendu sur l'étoffe lorsqu'il est dans un état mou, pour être confectionné en feuilles) et nous avons trouvé cette impression aussi nette sur la roue que sur le caoutchouc neuf. Cette impression sur la surface de la gomme, quoique nettement dessinée n'a pas de profondeur de telle façon que s'il y avait eu la moindre usure, elle aurait été complètement supprimée.

Malgré l'opinion, que beaucoup de gens se feraient en voyant pour la première fois les roues, que la traction doit être de beaucoup augmentée par un bandage doux et cédant, la traction est, sans aucun doute, beaucoup diminuée. Nous avons nous-mêmes fait une série d'expériences et nous nous sommes pleinement assurés de ce fait. La table suivante montre les résultats d'un grand nombre d'expériences faites avec un dynamomètre : la même voiture fut expérimentée avec des roues ordinaires et des roues brevetées sur les mêmes longueurs de routes, avec la même charge dans la voiture et les conditions dans tous les cas aussi égales que possible. La vitesse était de 9 milles par heure. Le poids de la voiture avec sa charge était de 15 quintaux.

Dans les rues pavées, la voiture a demandé :

Avec les roues ordinaires, un effort de traction de. . .	48 livres.
Avec les roues brevetées, un effort de seulement . . .	28 —
Sur les routes macadamisées, propres, unies et dures :	
Avec les roues ordinaires, il a fallu développer	40 —
Avec les roues brevetées, il a fallu seulement.	25 —
Sur morceaux de granit cassés, nouvellement mis sur la route : roues ordinaires.	130 —
Sur morceaux de granit cassé, nouvellement mis sur la route : roues brevetées.	40 —

Ces résultats sont dus entièrement à ce fait que les bandages sont parfaitement élastiques aussi bien que doux; ils ne s'enfoncent pas dans les graviers friables, ou dans le terrain mou, comme le font les roues ordinaires; dans les rues pavées, ils ne retardent pas la voiture en recevant des chocs constants de chaque pavé ou autres obstacles qu'ils ont à franchir; ils cèdent à toutes les inégalités; permettent à la voiture de passer sans s'élever, et le bandage élastique reprenant sa forme dès qu'elle a passé par-dessus l'obstacle, restitue la force prêtée un moment pour comprimer le bandage.

Nous nourrissons un confiant espoir que ces roues viendront bientôt en usage : le silence parfait avec lequel elles roulent, leur donne une place incomparable à côté des voitures ordinaires à ressorts. L'économie de chevaux paiera plus que la dépense initiale qu'elles nécessitent et elles peuvent être renouvelées, nous le pensons, à peu près avec la même dépense que les roues ordinaires.

Pourquoi une invention si ingénieuse, si complètement étudiée, est-elle restée près de cinquante années dans l'oubli, si bien disparue que l'Irlandais Dunlop a sans doute cru, en 1888, qu'il brevetait pour la première fois le principe du pneu? Est-ce parce que les résultats annoncés par les articles que je viens de lire sont absolument faux? Est-ce uniquement parce que dans ce temps-là les questions : *confortable, vitesse, économie de force*, n'étaient pas à l'ordre du jour?

Non, les résultats ne sont pas faux, car qui dit choc dit perte de force, et il est évident que le pneumatique supprime les chocs presque entièrement.

En 1878, le professeur *Marey*, de l'Institut, dans une conférence très remarquée qu'il fit, le 29 août, à l'Association française pour l'avancement des sciences, établissait que la suppression des chocs dans la traction, économise une certaine partie du travail moteur : chose curieuse il montrait déjà quelques-uns des desiderata auxquels le pneumatique vient donner satisfaction :

Lorsqu'une voiture, disait-il, est mal construite et mal attelée, le voyageur est cahoté; la route est détériorée; le cheval se fatigue plus qu'il ne faudrait et souvent est blessé par les pièces du harnais. Constater ces différents inconvénients, en chercher les causes pour les supprimer, c'est à cela que la science et l'industrie ont dû s'attacher depuis longtemps. Mais c'est à notre époque seulement que de grands progrès ont été réalisés à cet égard.

Quand nous nous plaignons d'être cahotés dans une modeste voiture de place, nous devrions nous reporter par la pensée à l'époque où l'on ne connaissait pas la suspension des voitures : aucune aspérité de la route n'échappait alors au voyageur. Un empereur romain, monté sur son char de triomphe, était, au milieu de sa gloire, aussi mal à son aise qu'un paysan sur sa charrette. Sauf quelques améliorations telles que l'emploi de coussins plus moelleux, les choses allèrent ainsi jusqu'à l'invention des ressorts d'acier que l'on emploie de nos jours, car les soupentes de cuir des carrosses d'autrefois laissaient encore beaucoup à désirer.

Est-ce à dire que le mode de suspension actuel des voitures à quatre et même à huit ressorts soit le dernier mot du progrès? Non, sans doute. Nos ressorts actuels diminuent la force des cahots, transforme une secousse brusque en un long balancement, mais le ressort parfait

devrait garder toujours une force élastique constante, permettre aux roues et aux essieux toutes les vibrations que le sol leur commande, sans laisser rien arriver de ces ébranlements à la voiture elle-même.

Une bonne suspension ménage aussi le véhicule en supprimant les trépidations qui le disjoindraient et le détruiraient en peu de temps.

Enfin, la suspension ménage *la route elle-même*. A ce sujet, permettez-nous de rappeler une remarquable expérience du général Morin.

Sur une grande route en bon état on fait rouler, au trot de quatre chevaux, une diligence chargée d'un lest quelconque au lieu de voyageurs. Les ressorts de la voiture ont été enlevés de façon que la caisse pose sur les essieux. Après que la diligence a passé et repassé un certain nombre de fois, on constate que la route sur laquelle s'est fait ce mouvement est fort détériorée.

On replace les ressorts de la voiture et on répète, sur un autre endroit de la route, les mêmes va-et-vient; il ne s'y produit plus, cette fois, de détérioration sérieuse. Il est donc bien prouvé qu'une bonne suspension des voitures est favorable au bon état des chemins.

Mais avec les voitures non suspendues, pour secouer ainsi les voyageurs, disjoindre le véhicule et défoncer la route, il fallait de la force, c'est le cheval qui devait la fournir; de sorte qu'indépendamment du travail utile qu'on lui demandait, l'animal en fournissait encore d'autre qui donnait lieu à une multitude de chocs et n'avait que des effets nuisibles.

Pour démontrer l'inconvénient de ce genre de chocs quelques expériences vont être nécessaires.

En voici une que j'emprunte à Poncelet, elle est d'une réalisation facile et chacun peut la répéter. J'attache un poids de 5 *kg* à l'extrémité d'une petite ficelle; si, prenant en main l'extrémité libre de celle-ci, je soulève lentement le poids, vous constatez que la corde résiste au poids de 5 *kg* et le tient suspendu. Mais si j'essaye d'imprimer au même poids un soulèvement plus rapide, je me meurtris les doigts, la ficelle se rompt et le poids n'a pas bougé. L'effort que j'ai développé a été plus grand que tout à l'heure, puisqu'il a dépassé la résistance de la corde, mais la durée de cet effort a été trop brève et l'inertie du poids ne pouvant être vaincue, tout l'effort que j'ai fait a été dépensé en travail nuisible. Si, au lieu d'une corde inextensible, j'eusse attaché au poids un lien un peu extensible, le brusque effort de soulèvement que je viens de déployer eût été transformé en une action plus prolongée et le poids eût été soulevé sans rupture de la corde et sans contusion de mes doigts.

Pour rendre le phénomène plus facile à saisir, je vais faire une nouvelle expérience dans des conditions un peu différentes.

Vous voyez, sur un support vertical *(fig. 1)* une sorte de fléau de balance qui porte à l'un de ses bras un poids de 100 *g*, à l'autre un poids de 10 *g* suspendu au bout d'une ficelle d'un mètre de long. Entre ces deux poids inégaux, le fléau est maintenu par un encliquetage qui l'empêche de tomber du côté du poids le plus lourd, mais qui permet, au contraire, au fléau de s'incliner en sens inverse, si l'on développait à l'extrémité de la corde un effort supérieur au poids de 100 *g*.

Or, en laissant tomber d'une hauteur suffisante le poids le plus petit, au moment où celui-ci arrive à fin de course, il tendra la corde qui le retient et développera ce qu'on appelle une *force vive* capable de sou-

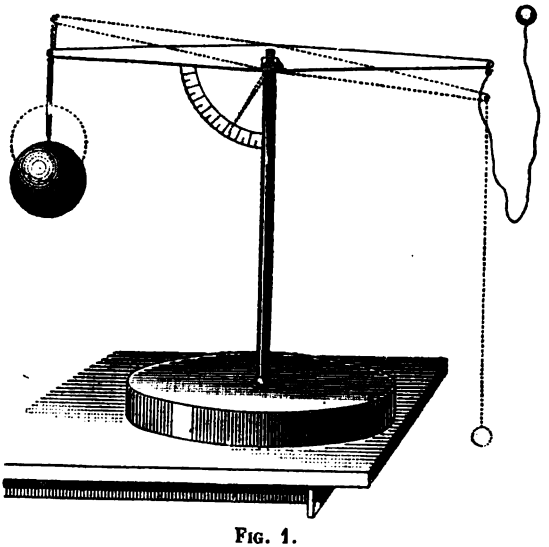


Fig. 1.

lever le poids de 100 *g* à une certaine hauteur, mais ce soulèvement n'aura lieu qu'à une condition, c'est que l'application de cette force ne donne pas lieu à un choc.

Si la corde qui soutient le poids de 100 *g* est inextensible, et si celle qui porte le poids de 10 *g* l'est également, au moment de la chute de celui-ci, vous entendrez un bruit sec ; un choc ébranle tout l'appareil, mais le poids de 100 *g* n'est pas soulevé.

Suspendons maintenant ce poids de 100 *g* à un fil de caoutchouc ou à un ressort élastique, puis recommençons l'expérience. Vous voyez, à chaque fois que le petit poids tombe, que le poids de 100 *g* s'élève d'une certaine quantité. Mais cette élévation se fait dans des conditions particulières. Au moment où le poids tombe et où la corde se tend, le fléau s'incline, en tendant le ressort élastique, mais la masse de 100 *g* ne bouge pas encore ; c'est seulement quand ce ressort est tendu que la masse, obéissant à l'action prolongée de ce ressort élastique, entre en mouvement et s'élève, ce qui représente un certain travail accompli.

M. Marey en conclut qu'il est avantageux d'atteler les chevaux sur des traits élastiques et le démontre pleinement d'ailleurs par des expériences directes.

La lecture de cette très intéressante conférence nous persuada que ce qui est vrai pour les traits l'est aussi pour les roues et que la suppression des chocs dans la traction économise une certaine partie du travail moteur. Mais dans quelle proportion l'écono-

mise-t-elle? et les chiffres avancés par Thomson et par le *Mechanics'Magazine* sont-ils exacts? Cette économie a-t-elle une importance pratique réelle?

C'est ce qu'il était important pour nous d'étudier et c'est le résultat de ces études que je prends la liberté de venir vous présenter aujourd'hui.

Je n'ai certes pas la prétention, Messieurs, de vous donner ici des résultats *absolus*, et les chiffres que je vous citerai plus loin pourront ne pas concorder avec ceux trouvés par un autre expérimentateur, s'il s'est placé dans des conditions différentes. Tout le monde sait, depuis les essais du général Morin, quelle influence ont : nature du sol, diamètre des roues, bonne ou mauvaise suspension. Nous nous sommes donc strictement et seulement préoccupés de vous présenter des essais *absolument comparables*, nous avons cherché à réaliser complètement le *toutes choses égales d'ailleurs* et nous avons été satisfaits du moment que chaque essai fait avec roues pneumatiques a eu son pendant dans un essai fait avec roues ferrées.

Nous avons fait cinq séries d'essais : la première en janvier 1895; la deuxième, en août; la troisième, en novembre dernier; la quatrième, en janvier 1896; la cinquième et dernière, en février 1896.

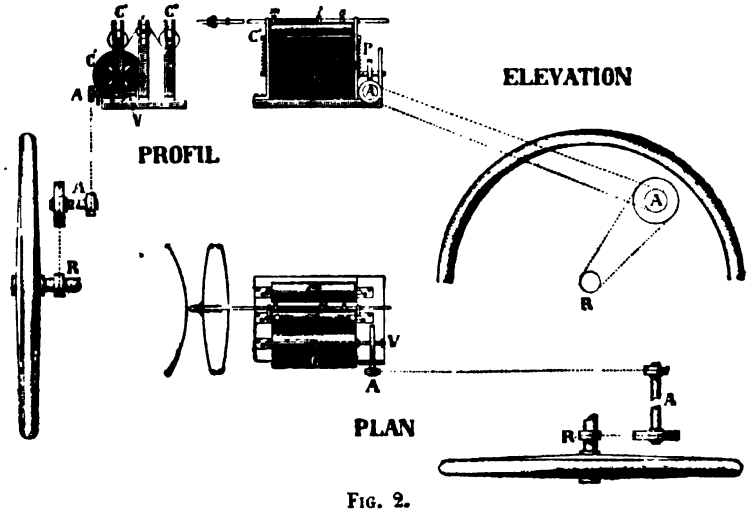


Fig. 2.

L'appareil enregistreur *(fig. 2)* dont nous nous sommes servis comprend essentiellement un ressort dynamométrique formé de deux lames, articulées à leur extrémité, fixées, l'une au palonnier du break, l'autre à la caisse de la voiture.

Un système de cylindres sur lequel est enroulé le papier destiné à recevoir le diagramme que trace une pointe maintenue par un petit ressort et une série de roues dentées et de chaines Vaucanson transmet au rouleau un mouvement de rotation qui suit exactement la variation de translation de la voiture.

Voici comment nous obtenons ce résultat :

Une première roue dentée R, calée sur l'essieu avant de la voiture, transmet, par une chaîne Vaucanson, le mouvement de cet essieu à un axe intermédiaire A, fixé à la caisse, lequel, à son tour, transmet le mouvement (toujours à l'aide d'une chaîne Vaucanson) à un troisième axe A'. Ce troisième axe porte une vis sans fin V qui engrène avec un pignon denté P monté sur l'axe d'un premier cylindre C. Tout ce système de transmission a pour but de réduire dans une certaine proportion le chemin parcouru, et on comprend que, dans ces conditions, toutes les variations de vitesse du break se reproduisent sur les rouleaux. En effet, le premier cylindre C, que nous garnissons de toile émeri, entraîne par frottement un deuxième cylindre C', appuyé contre lui par deux petits ressorts à boudin, et sur lequel s'enroule le papier où sera tracé le diagramme. On conçoit d'ailleurs facilement que, quelle que soit l'épaisseur du papier enroulé déjà sur ce cylindre C', la vitesse d'enroulement n'est pas modifiée, puisque c'est toujours la vitesse à la circonférence du cylindre C, lequel garde constamment le même diamètre.

Un troisième cylindre C'', entraîné par le même mouvement, sert de magasin à papier ; le papier se déroulant du cylindre-magasin pour s'enrouler sur le cylindre enregistreur, passe sur un support cylindrique *c* qui permet de le maintenir tendu et c'est à son passage sur ce support qu'il reçoit les empreintes du crayon-traceur. Deux crayons *mn*, maintenus à poste fixe et à distance invariable l'un de l'autre, tracent sur la bande de papier, pendant la marche, deux droites parallèles, qui peuvent servir de ligne de terre. Un troisième crayon *t*, celui qui tracera le diagramme, est placé entre les deux premiers sur une même génératrice de support cylindrique, il est appuyé contre ce support par un petit ressort ; d'autre part, il est fixé à une petite tringle métallique, laquelle se termine par une tête cylindrique, et celle-ci est prise par une pièce en forme de C fixée à l'une des lames du ressort dynamométrique ; un petit ressort antagoniste est enroulé sur la tringle métallique, il vient buter contre le crayon-traceur et tend, par suite, à le ramener toujours à sa position initiale.

Voici maintenant comment nous avons procédé :

Avant d'accrocher les traits d'attelage au palonnier, nous avons soigneusement marqué la position du crayon-traceur *t* entre les deux crayons fixes *mn*, soit *a* ce point; il est bien évident qu'une parallèle aux lignes de terre, menée par ce point *a*, représentera la ligne correspondant à un effort de traction nul : on obtiendrait cette ligne en faisant tourner l'essieu d'avant sans déplacement de la voiture; si maintenant, on se met en mouvement, les efforts exercés par le cheval pour entraîner le break feront fléchir la lame du ressort, laquelle agira sur la tringle métallique et fera déplacer le crayon. On obtiendra pour un parcours donné, une courbe dont l'ordonnée moyenne prise à partir de la ligne d'effort nul représentera, en la multipliant par un coefficient déterminé à l'avance par des essais de flexion du ressort, l'effort moyen exercé pendant le parcours.

Les données générales pour les cinq séries d'essais étaient les suivantes :

La voiture est un break de promenade très bien suspendu.

Diamètre des roues ferrées. . . .	avant	0,92 *m*	arrière	1,12 *m*
Diamètre des roues pneumatiques.	—	0,90	—	1,20
Poids des roues ferrées	—	58 *kg*	—	72 *kg*
Poids des roues pneumatiques. .	—	39	—	56
Poids du break vide, monté sur roues ferrées.				577
Poids du break vide, monté sur pneus				542

Ce poids ne comprend pas le poids du cocher, qui toujours a conduit le break.

Première Série d'essais

Nos premiers essais ont été faits en janvier 1895. Trois jours leur ont été consacrés : le 5 janvier 1895, le sol étant couvert de 5 *cm* de neige; le 16 janvier, pendant le dégel, le sol étant couvert d'une boue épaisse mélangée de neige fondue; enfin, le 25 janvier, avec un sol normalement boueux. Nous vous donnerons, à titre de renseignements, les résultats trouvés dans ces trois journées, mais nous ne tiendrons pas compte, dans nos conclusions, des résultats du 16, parce que les essais n'ont été faits, ce jour-là, qu'avec des roues munies de bandages pneumatiques, et que nos conclusions se basent uniquement sur des essais absolument comparables. Le tableau ci-dessous vous montre toutefois l'influence que peut prendre la nature du sol sur la résistance au roulement, puisque nous obtenons comme moyenne des efforts dans les trois

jours, toutes choses égales d'ailleurs, pour les roues munies de pneumatiques seulement.

Premiers essais : janvier 1895.

	VOITURE VIDE AU PAS	SURCHARGE 150 *kg* AU PAS	SURCHARGE 150 *kg* AU TROT	SURCHARGE 300 *kg* AU TROT
Journée du 5 : Neige	11,47 *kg*	12,71 *kg*	15,27 *kg*	18,00 *kg*
— 16 : Dégel (boue très épaisse et neige)	20,91	21,73	24,89	29,77
— 25 : Boue ordinaire	10,50	12,43	12,97	14,16

Dans cette première série d'essais, le parcours suivi par la voiture était au total de 439,30 *m*.

Il était divisé, d'après la variation des pentes et des rampes, par des marques au crayon tracées sur le diagramme, au moment du passage devant des repères indiqués à l'avance sur le terrain.

En moyenne, nos parcours au pas ont été effectués à l'allure de 4,250 *km* à l'heure, avec les allures extrêmes de 3,250 *km* et de 4,500 *km*. Nos parcours au trot avec une allure moyenne de 10,700 *km* à l'heure avec limites de 9,900 *km* et 12,900 *km*. C'est sans aucun doute à ces variations d'allure qu'il faut attribuer certaines différences observées dans quelques essais semblables. En général, la concordance a été aussi satisfaisante qu'on pouvait le désirer dans des essais de ce genre. Nous avons pris les moyennes de plusieurs essais répétés dans les mêmes conditions de vitesse et de chargement avec les mêmes bandages, sur le même sol.

Ces moyennes nous ont donné, pour l'ensemble du parcours, les résultats suivants :

	ROUES FERRÉES	PNEUS
NEIGE. — *Essai du 5 janvier 1895.*		
Voiture vide : au pas	15,86 *kg*	11,47 *kg*
Surcharge : 150 *kg* au pas	17,83	12,71
Surcharge : 150 *kg* au trot	29,60	15,27
Surcharge : 300 *kg* au trot	31,17	17,96
BOUE. — *Essai du 25 janvier 1895.*		
Voiture vide : au pas	16,00	10,50
Surcharge : 150 *kg* au pas	17,30	12,43
Surcharge : 150 *kg* au trot	19,55	12,97
Surcharge : 300 *kg* au trot	23,06	14,16

Ces résultats peuvent être représentés d'une manière plus frappante par un graphique *(Pl. 172)*.

Vous remarquerez que, dans tous les cas, l'avantage reste incontestablement au bandage pneumatique, cet avantage augmentant avec la charge et la vitesse et restant plus grand dans la neige que dans la boue ordinaire. Vous remarquerez que, si je prends la moyenne pour le parcours entier à toutes allures et avec toutes surcharges (100 représentant l'effort pour le pneu), je trouve pour les roues ferrées : dans la neige, 164 et dans la boue 151. Au trot seulement, c'est-à-dire à l'allure normale, je trouve : neige 182,9, boue 157. C'est donc une énorme économie, économie que l'on peut formuler de la façon suivante : là où il faut trois chevaux avec le fer, il suffit de deux chevaux avec le pneu.

Deuxième Série d'essais *(août 1895)*.

Cette deuxième série d'essais a été effectuée au pas et au trot, dans les mêmes conditions que la première, en ce qui concerne les roues ferrées ou les pneus.

Cette fois, au lieu de prendre comme précédemment, toujours le même terrain, parcouru à des jours différents où la nature du sol s'était profondément modifiée, nous avons essayé différents terrains dans les mêmes conditions de sécheresse.

Les parcours effectués ont été les suivants :

A. — Place des Carmes, macadam neuf, sec, poussiéreux, 303 *m*.
B. — Rue Bansac, bon pavé, sec, descente de 1,2 0/0 140
C. — — — montée de 1,2 0/0 140
D. — — macadam sec, montée de 3,5 0/0 100
E. — Avenue Carnot, macadam en bon état, rampe 5,8 0/0 112

Chaque groupe d'essais a été répété trois fois et nous donnons ci-après les efforts moyens correspondant à chaque parcours aux différentes allures, avec les différents bandages et sous les différentes charges. Ces efforts moyens ont été obtenus, comme dans le cas précédent, en multipliant l'ordonnée moyenne des diagrammes planimétrés par un coefficient déterminé par des essais de flexion faits au préalable sur le ressort dynamométrique.

Dans cette série, certains essais ont été anormaux ; dans quelques-uns, le cheval a trottiné, c'est-à-dire qu'il a dépensé inutilement sa force. Dans d'autres, il faisait un très violent vent debout, et le vent a une influence très grande, que personne ne songe plus à nier.

Quoi qu'il en soit, si nous prenons les efforts moyens dans l'ensemble des parcours, nous arrivons aux chiffres suivants :

	ROUES FERRÉES	PNEUS	
			Si la traction pneu = 100
Voiture vide : au pas . . .	17,42 *kg*	14,05 *kg*	La traction ferrée = 124
Voiture vide : au trot . . .	20,41	15,95	— = 128
Surcharge : 300 *kg* au pas .	20,75	16,14	— = 128,5
Surcharge : 300 *kg* au trot .	29,70	16,40	— = 181

Nous avons représenté ces résultats par un tracé graphique *(Pl. 172)*.

Ici encore, l'avantage du pneu saute aux yeux. Vous remarquerez qu'il augmente considérablement avec la vitesse et avec la charge ; ce qui n'a rien pour nous étonner, puisque l'économie de traction provient de la suppression des chocs.

En prenant enfin la moyenne générale, nous obtenons, pour tous parcours, à toutes allures et pour toutes surcharges : pour les roues ferrées, 22,07 *kg*; pour les pneus, 15,63 *kg*. Si nous appelons 100 l'effort pour le pneu, l'effort moyen pour la roue ferrée, à toutes allures et à toutes surcharges, sera **141,2**. Et si nous considérons seulement les résultats obtenus au trot, les seuls intéressants (l'allure du pas étant absolument exceptionnelle pour les voitures à pneus), l'effort sur le break avec pneus, étant toujours représenté par **100**, l'effort correspondant, avec roues ferrées, sera exprimé par **154,90**. Donc, au trot, même sur sol dur et lisse, l'emploi du pneu donne encore une grande économie de traction (environ 1/3).

Troisième Série d'essais *(novembre 1895)*.

Ici, nous avons varié davantage encore les natures de terrain. Les parcours ont été choisis intentionnellement de peu d'étendue et très exactement délimités, avec rampes légères et régulières. De plus, pour supprimer toutes les irrégularités d'allure, au lieu de planimétrer le diagramme entier, nous avons laissé de côté les parties extrêmes, correspondant à une longueur de parcours de 15 ou 20 *m* après le départ et de 15 ou 20 *m* avant l'arrivée : nous avons ainsi fait disparaître les à-coups du départ et de l'arrivée. Nous avons, en effet, constaté qu'entre deux planimétrages faits pour un même parcours, d'abord sur le diagramme entier, puis

en retranchant 15 *m* à l'avant, 15 *m* à l'arrière, il y avait toujours pour l'ordonnée moyenne, c'est-à-dire pour l'effort, une différence en moins en faveur du dernier, mais que cette différence était loin d'être régulière.

Les essais ont d'abord été faits avec les roues ferrées, ensuite avec les pneus ; *puis, il nous a paru intéressant*, pour compléter l'étude, de recommencer les mêmes expériences avec des bandages de roues *en caoutchouc plein*.

Les parcours effectués sont définis comme suit :

A. — Avenue des Carmes, longueur totale du parcours, 140 *m*, longueur planimétrée, 110 *m* ; rampe de 1,5 0/0, macadam assez bon, moins sain cependant qu'à l'époque des essais de la deuxième série.

B. — Rue Bansac, bon pavé régulier, rampe 1,2 0/0, longueur totale 140 *m*, longueur planimétrée, 110 *m*.

C. — Rue Bansac, mauvais pavé, irrégulier en cailloux de l'Allier, rampe 1,9 0/0, longueur totale 80 *m*, longueur planimétrée 50 *m*.

D. — Avenue Carnot, forte rampe de 5,8 0/0, macadam en bon état, longueur totale 112 *m*, longueur planimétrée 80 *m*.

E. — Bas-Chanturgue, chemin de vigne très mal entretenu, longueur totale 80 *m*, longueur planimétrée 50 *m*.

Tous ces parcours ont été exécutés avec les différents bandages *au trot seulement*, le break étant vide ; puis, au pas et au trot, le break étant chargé de 300 *kg*. Toutefois, les deux derniers parcours D et E, n'ont été faits qu'au pas, break chargé de 300 *kg*, et cela en raison de la forte rampe du parcours de l'avenue Carnot et du très mauvais sol du chemin de vigne du terroir de Bas-Chanturgue. Malgré toutes les précautions prises, il a été constaté dans les mêmes parcours, d'un essai à l'autre, et pour une même allure, des différences de temps allant jusqu'à 10 0/0 ; l'inspection des diagrammes montre que, dans quelques essais, l'allure du cheval a été *crescendo* du commencement à la fin, de telle sorte que, dans ce cas, l'ordonnée moyenne est plus forte qu'elle n'aurait dû être avec une allure régulière. D'autres résultats ont aussi été faussés par le vent. Nous avons souligné les chiffres que nous avons jugé entachés d'erreurs. Chaque parcours a été fait trois fois pour chaque bandage dans les mêmes conditions de charge et d'allure et les moyennes obtenues sont consignées dans le tableau ci-après et dans le graphique *(Pl. 172)*.

Troisième série d'essais. — Novembre 1895.

	VOITURE VIDE : AU TROT			SURCHARGE 300 *kg* : AU PAS			SURCHARGE 300 *kg* : AU TROT		
	FER.	PNEUS.	PLEINS.	FER.	PNEUS.	PLEINS.	FER.	PNEUS.	PLEINS.
Parcours A. Macadam assez bon état, un peu humide . . . . . Rampe 1,5 0/0.	*kg* 22,38	*kg* 14,34	*kg* 19,22	*kg* 22,88	*kg* 18,79	*kg* 25,03	*kg* 31,12	*kg* 18,9	*kg* 28,25
Parcours B. Bon pavé régulier, sec et propre . . . . . Rampe 1,2 0/0.	14,83	12,53	17,80	18,59	18,68	22,12	21,30	20,50	24,99
Parcours C. Mauvais pavé irrégulier en cailloux de l'Allier. . . . Rampe 1,9 0/0.	24,39	19,49	23,20	24,53	22,16	29,92	36,13	22,55	32,70
Parcours D. Macadam en bon état . . . . . Rampe 5,8 0/0.	»	»	»	47,73	46,81	49.58	»	»	»
Parcours E. Macadam mal entretenu avec ornières. . . . . Rampe 5 0/0.	»	»	»	83,69	56,64	77,91	»	59,25	»

Dans l'essai avec roues ferrées (300 *km* au trot, parcours A) l'allure a été irrégulière. Dans les deux essais en charge, avec pneus, au pas, et au trot (parcours B), qui ont été faits le même jour, le vent soufflait avec une très grande force.

Quoi qu'il en soit, nous remarquons à nouveau que, si, au pas, l'avantage des roues pneumatiques sur les roues ferrées n'est pas énorme et devient presque nul si le sol est dur et lisse, au trot, il devient très important, d'autant plus important que le sol est plus mou et plus rugueux.

Quant aux caoutchoucs pleins, si nous les comparons aux pneumatiques, nous constatons qu'ils leur sont toujours très inférieurs, quelle que soit l'allure et quelle que soit la charge ; si nous les comparons aux bandages en fer, nous constatons, *qu'au pas*, ils sont *toujours plus tirants* que le fer, sauf sur un mauvais macadam à ornières ; *qu'au trot*, ils sont *plus tirants* sur le bon pavé régulier et *moins tirants* sur le macadam ou le mauvais pavé. Dans ce dernier cas seulement, ils présentent un faible avantage sur le fer.

Si nous prenons maintenant la moyenne de toutes les vitesses dans les trois parcours A. B. C., nous obtenons :

	Roues ferrées	Pneus	Caoutchoucs pleins
	—	—	—
Voiture vide, au trot	20,87	15,45	20,07
Surcharge 300 *kg* au pas	22,10	19,87	25,69
— au trot	29,52	20,65	28,62

Si enfin, nous prenons, dans ces mêmes parcours, les moyennes à toutes allures et charges, nous arrivons à :

Pneus	18,66
Roues ferrées	24,16
Pleins	24,79

Si nous représentons par 100 la traction avec pneus, nous obtenons comme moyenne générale :

Roues ferrées	129,4
Pleins	132,8

Et pour l'allure du trot la seule réellement intéressante :

Pneus	100
Roues caoutchoucs pleins	134,9
Roues ferrées	139,6

Les résultats de cette troisième série d'essais confirment ceux des deux autres et montrent, en outre, que plus le sol est mauvais, plus l'économie due aux pneus est considérable.

Voici un cheval qui fait un effort de 18 *kg* sur le très bon pavé. Dans le chemin des vignes de Chanturgue, il fait un effort de 83 *kg*. Avec le pneu, c'est 56 *kg* seulement que vous aurez à lui demander.

Nous ne donnons pas de résultats d'essais avec roues ferrées, au trot, dans ce chemin des vignes de Chanturgue, parce que, nous n'avons pas pu en obtenir à deux reprises différentes; nous avons eu des avaries à notre dynamomètre, par suite des cahots.

Quatrième Série d'essais (*Janvier 1896*).

Nous avons eu l'occasion, dans toutes les séries précédentes, de signaler quelques erreurs. — La quatrième série d'essais a eu pour but de liquider ces contradictions bien que peu importantes. C'est un essai de vérification, nous ne l'avons composé que d'essais au trot; il a vérifié tous les résultats précédents.

Les parcours ont été les suivants :

A. — Rue Montlosier, partie pavée, pavé assez régulier, longueur totale 180 *m*, longueur planimétrée 140 *m*, rampe 1,8 0/0.

B. — Rue Montlosier, macadam vieux, un peu déformé, longueur totale 150 *m*, longueur planimétrée 110 *m*, rampe 1,8 0/0.

C. — Rue Bansac, bon pavé régulier, longueur totale 140 *m*, longueur planimétrée 100 *m*, rampe 1,2 0/0.

D. — Rue Bansac, mauvais pavé irrégulier, en cailloux de l'Allier, longueur totale 80 *m*, longueur planimétrée 50 *m*, rampe 1,9 0/0.

L'allure normale a été de 10,5 *km* à l'heure environ.

Chaque parcours a été fait un assez grand nombre de fois, avec chaque bandage, dans chaque terrain, on a éliminé tous les diagrammes où il avait été constaté une allure irrégulière. La moyenne des autres a donné les résultats consignés au tableau ci-dessous et au tracé graphique figuré à la planche 172. Ces résultats montrent une fois de plus ce qui maintenant, je crois, ne peut plus faire de doute pour personne, à savoir que le pneu donne une *économie* importante *dans tous les cas*, et que, plus le terrain est en mauvais état, plus il l'emporte sur les autres bandages, ce qui est extrêmement intéressant dans la pratique.

Quatrième série d'essais. — Janvier 1896.

ALLURE : LE TROT 10,300 *km* A L'HEURE	PNEUS	ROUES FERRÉES	CAOUTCHOUCS PLEINS
Parcours A.			
Pavé assez régulier. Rampe 1,8 0/0.	*kg*	*kg*	*kg*
1° Sec, gelé.	19,4	25,9	25,4
2° Boue liquide, un peu collante	21,65	29,6	28,3
3° La même boue, séchée	20,25	27,2	26,4
Parcours B.			
Macadam vieux, un peu défoncé. Rampe 1,8 0/0.			
1° Sec, gelé.	20,6	22,8	24,8
2° Boue liquide, un peu collante.	23,2	31,7	29,2
3° Cette même boue, séchée	22,4	28,16	27,5
Parcours C.			
Bon pavé régulier. Rampe 1,2 0/0.			
1° Sec	14,8	18,2	18,8
2° Mouillé	16,1	19,8	21 »
Parcours D.			
Mauvais pavé irrégulier. Rampe 1,9 0/0.			
1° Sec	19,4	29,1	27,8
2° Mouillé	22,2	32,4	29,7

Si nous représentons par 100 l'effort nécessaire pour trainer le break monté sur pneus, nous trouvons :

Sur bon pavé avec boue légèrement collante	Roues ferrées .	136,7
	Pleins.	130,7
Sur mauvais pavé sec	Roues ferrées .	150
	Pleins.	143

tandis que sur un bon pavé régulier, sec, nous avons :

Pneus	100
Roues ferrées.	123
Pleins	127

Cinquième Série d'essais *(Février 1896)*.

Tous nos essais ont montré que l'économie du pneu était plus importante au trot qu'au pas. On peut même dire que l'effort pris par le pneu reste sensiblement constant au pas et au trot, tandis que celui pris par le fer augmente notablement avec la vitesse.

Il était intéressant de voir ce qui se passe quand on augmente encore l'allure, nos essais au trot ayant été faits à la vitesse de 10,500 *km* à l'heure, vitesse évidemment bien dépassée par les voitures automobiles, ainsi que par un bon cheval.

Nous avons choisi pour ce dernier essai un macadam bien régulier, sur une longueur de 140 *m* dont nous avons planimétré seulement 100 *m*, présentant une rampe de 1,5 0/0.

Chaque essai a été répété plusieurs fois, le break étant vide. Nous avons obtenu les vitesses moyennes suivantes; on n'est pas facilement maître des vitesses d'un cheval et elles ne sont pas identiques :

Pour les pneus, 4,900 *km* au pas; 10,500 *km* au trot ordinaire; 15,120 *km* au trot accéléré.

Pour les roues ferrées, 4,550 *km* au pas; 10,940 *km* au trot ordinaire; 15,120 *km* au trot accéléré.

Les moyennes des efforts relevés ont été les suivantes :

Pour les pneus, 13 *kg* au pas; 13,5 *kg* au trot ordinaire; 13,5 *kg* au trot accéléré.

Pour les roues ferrées : 13,8 *kg* au pas; 17 *kg* au trot ordinaire; 22,1 *kg* au trot accéléré.

Nous remarquons qu'au trot ordinaire et au trot accéléré, les résultats pour les pneus sont absolument les mêmes, et pourtant les vitesses ont été bien différentes puisque le parcours de 140 *m* a été exécuté, dans un cas en 48″, et dans l'autre en 33″. Il semble donc qu'on peut en conclure que, quelle que soit la vitesse, dans des limites raisonnables, bien entendu, l'effort de traction ne varie guère avec des pneus et sur un bon sol.

Si vous voulez bien vous reporter aux autres séries d'essai, vous constaterez que cela s'est généralement réalisé, dans presque tous les cas, à très peu de chose près.

Donc, l'avantage du pneu sur le fer augmente avec la rapidité de l'allure. Si nous prenons 100 comme traction pneu, nous obtenons pour la traction ferrée : au trot ordinaire, 126; au trot accéléré, 164. Nul doute qu'en augmentant la vitesse, on n'arrive

a des rapports plus élevés encore. Je laisse aux automobilistes le soin de continuer cette étude.

Il est à remarquer qu'en faisant le rapport des efforts de traction aux vitesses, nous trouvons pour les roues ferrées : au trot ordinaire, 17 : 10,940 m = 1,55; trot accéléré, 22,1 : 15,120 m = 1,46.

Ces deux rapports sont sensiblement les mêmes, ce qui est conforme à l'une des lois exprimées par le général Morin dans son travail sur le tirage des voitures à roues ferrées, à savoir que, à partir d'une certaine vitesse, les accroissements de tirage sont à peu près proportionnels aux accroissements de vitesse.

Je me résume : nous avons cinq séries d'essais faits à des époques différentes de l'année, sur des terrains variés, bon pavé, mauvais pavé, macadam en bon état ou un peu vieux, sec ou mouillé, dans la boue collante, dans la neige, dans le dégel, avec des allures différentes. Nous avons donc considéré la plupart des cas possibles.

Voici les conclusions de nos essais :

Le bandage en caoutchouc plein est meilleur que la roue ferrée dans certains cas, spécialement au trot, si le sol est mou, très irrégulier ou couvert de neige; mais il devient inférieur au fer si le sol est dur et lisse; d'ailleurs, il ne s'écarte jamais beaucoup de la roue ferrée et reste toujours très inférieur au pneumatique. Le pneumatique, au contraire, est supérieur de moitié à la roue ferrée.

Nous avons voulu rapprocher les résultats que nous avons obtenus de ceux indiqués par le général Morin dans les expériences qu'il fit, de 1837 à 1841, sur le tirage des voitures. Nous avons pris les résultats obtenus dans notre cinquième série d'essais et nous avons fait un essai complémentaire avec roues ferrées sur un bon pavé sec, se rapprochant autant que possible du pavé sur lequel opéra le général Morin. Ce dernier essai nous a donné comme effort :

Au pas	12,9 *kg*
Au trot	18,8 *kg*

Dans les tableaux résumant son mémoire, le général Morin indique le rapport existant entre le poids total de la voiture et l'effort nécessaire pour traîner cette voiture.

Nous avons comparé les chiffres que nous avons obtenus (avec les roues ferrées, bien entendu, puisque les formules de Morin

ont été établies à la suite d'expériences sur bandages en fer) avec ceux des tableaux du général Morin, et nous avons constaté que nos chiffres sont toujours au-dessous de l'effort donné par les formules; ceci tient, évidemment, à la meilleure suspension de notre break et à la traction sur lame de ressort qui supprime, dans une certaine mesure, les chocs, les à-coups, et, par suite, tend à diminuer l'effort, comme l'a démontré le professeur Marey.

Mais, si nous comparons entre eux les divers efforts en prenant, par exemple, 100 comme effort de traction, au pas, nous arrivons aux résultats suivants :

EFFORT CALCULÉ D'APRÈS MORIN.	EFFORT MOYEN RELEVÉ PAR NOUS AU DIAGRAMME.
1er *Cas.* — Sur macadam en bon état, poussiéreux : au pas, 100; au trot, 127; au grand trot, 152.	1er *Cas.* — Sur macadam, en bon état, poussiéreux : au pas, 100; au trot, 123; au grand trot, 160.
2e *Cas.* — Sur bon pavé sec : au pas, 100; au trot, 151.	2e *Cas.* — Sur bon pavé sec : au pas, 100; au trot, 146.

Les résultats sont donc presque identiques, et nous sommes en droit de conclure que notre manière d'opérer a été bonne et que l'ensemble de nos chiffres, en éliminant quelques anomalies que nous vous avons signalées au passage, peut être considéré comme exact.

Le Confortable.

Toute cette première partie de notre étude a eu pour but de démontrer que l'effort de traction est notablement moindre dans le cas du bandage pneumatique que dans le cas de la roue ferrée.

Mais s'il est *très humain*, d'améliorer le sort du cheval, en diminuant le travail qu'il a à fournir, s'il est économique de diminuer la puissance du moteur nécessaire pour la traction d'une voiture automobile donnée, il est une question qui me semble aussi intéressante, c'est celle du *confortable*.

Il y a d'abord un confortable d'un genre spécial obtenu par le pneu, c'est *le silence*.

Même sur les plus gros pavés, même en voiture fermée, le silence est complet, absolu, il provient de deux causes. D'une part, la suppression du bruit de fer des roues qui écrasent les cailloux sur le sol et, d'autre part, la suppression des vibrations de la voiture.

On s'était habitué au bourdonnement continu de la voiture, on était habitué à entendre ferrailler les roues sur le sol, mais on apprécie, avec une vivacité extraordinaire, le plaisir d'en être débarrassé, et quand on passe à côté d'une voiture à roues ferrées, on croit passer à côté du rouleau à écraser les cailloux.

Le pneu passe sur les cailloux de la route sans en casser un seul, quel que soit le poids de la voiture : il s'aplatit au contact du sol et sa surface d'appui est considérable : pour la voiture automobile de Dion, pesant 2 489 *kg* en ordre de marche, y compris 6 voyageurs, elle atteint une superficie de 30 cm^2 environ. Par conséquent, la pression par centimètre carré est faible. En outre, cette surface est constituée par une paroi de caoutchouc mince et souple, laquelle paroi s'appuie sur un coussin d'air comprimé, c'est-à-dire sur la chose du monde la plus facilement déformable. Au contact du caillou, la paroi se déforme, enveloppe le caillou, s'appuie sur son sommet, sur ses flancs, sur le sol autour de lui, et, par conséquent, le franchit sans être crevé. Le pneu bat l'obstacle.

Je mets sous vos yeux trois photographies qui vous montre-

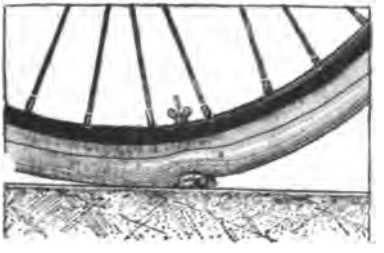


FIG. 3.

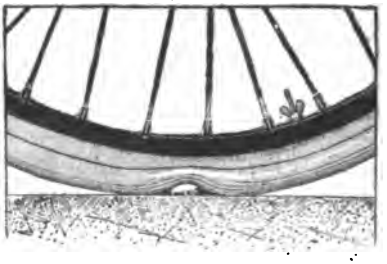


FIG. 4.

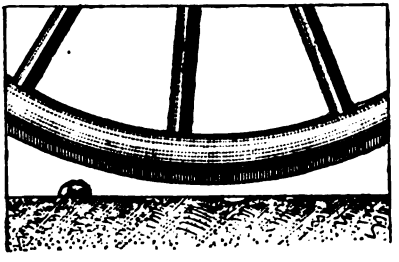


FIG. 5.

ront comment le pneu boit l'obstacle. L'obstacle dans l'espèce est un morceau de bois de 2 *cm* de hauteur sur 3 *cm* de large; vous verrez, dans la photographie *(fig. 3)*, le pneu qui touche le sol avant l'obstacle et qui se déforme au contact de cet obstacle; dans la seconde *(fig. 4)*, vous verrez le pneu qui vient de franchir l'obstacle et qui touche le sol en avant et en arrière en même temps; dans la troisième *(fig. 5)*, vous verrez une roue en fer

qui vient de passer sur le même obstacle, qui bondit et que l'appareil vient de clicher avant qu'elle ne soit retombée sur le sol.

Outre le silence le confortable du pneu est dû à la suppression des trépidations et à l'atténuation des chocs.

Dans quelles proportions le confortable est-il augmenté.

Mais dans quelle proportion le confortable est-il augmenté? C'est ce que je vais essayer de vous montrer, en décrivant une série d'essais comparatifs faits à notre usine de Clermont-Ferrand.

Si quelques-uns parmi vous, Messieurs, ont visité le dernier Salon du Cycle, ils auront peut-être remarqué, en passant, le manège circulaire qui faisait partie de notre exposition, et où chacun pouvait se rendre compte personnellement de la différence du confortable entre une roue de voiture ordinaire et une roue avec pneus. Voici comment était installé cet appareil, qui est celui dont nous nous sommes servis pour nos essais.

Un arbre vertical était mis en mouvement par une transmission qu'il est inutile de décrire. Sur cet arbre étaient fixés, avec de petits axes permettant des mouvements dans le sens vertical, deux bras ou essieux, à peu près horizontaux et diamétralement opposés. Sur l'un de ces essieux était placée une roue ferrée, sur l'autre était placée une roue pneu; contre chacune des deux roues et immédiatement en dehors, à l'extrémité de l'arbre, étaient fixés deux sièges, sans aucune interposition de ressorts; les deux roues étaient placées à la même distance de l'arbre vertical et, par conséquent, roulaient sur la même piste circulaire; un quart de cette piste environ était garni d'obstacles : barres de fer de 2 ou 3 *cm* de hauteur. Le visiteur, qui désirait se rendre compte, était installé d'abord dans le siège placé sur l'arbre de la roue ferrée et on mettait l'arbre en mouvement : lorsque la roue arrivait sur les obstacles, un bruit considérable se produisait, le siège bondissait et le patient recevait des secousses fort énergiques et fort rudes. Après cette épreuve, le visiteur était admis dans le siège monté sur la roue pneu, laquelle franchissait les obstacles sans bruit et avec des ondulations très douces et peu sensibles.

Pour mesurer exactement le confortable, en garder la trace nous eûmes l'idée de placer un crayon-traceur à l'extrémité de l'es-

sieu; de disposer en face de la partie de la piste où se trouvaient les obstacles un support, à développement circulaire, où nous pouvions placer une longue feuille de papier.

En outre, des obstacles furent disposés pour pouvoir être facilement changés. Il est évident que, dans ces conditions, le crayon devait inscrire sur le papier tous les mouvements de l'essieu.

Voici la liste de nos essais et voici, d'autre part, les différents diagrammes que nous avons tirés.

NUMÉROS DE L'ESSAI et du tracé.	NATURE des BANDAGES.	SURCHARGE SUR L'ESSIEU.	NUMÉROS ET NOMBRE des obstacles.	DIMENSIONS DES OBSTACLES.
		kg		
1	Fer et pneu gonflé à 3 *kg*	50	1 obstacle n° 1.	Fer 10 *mm* de hauteur et 40 *mm* de largeur.
2	— —	50	1 — n° 2.	Fer de 20 mm^2.
3	— —	50	1 — n° 3.	Fer de 30 mm^2.
4	— —	130	1 — n° 1.	Fer de 10 *mm* × 40.
5	— —	130	1 — n° 2.	Fer de 20 mm^2.
6	— —	130	1 — n° 3.	Fer de 30 mm^2.
7	— —	50	3 obstacles n° 3.	Fers de 30 mm^2.
8	— —	50	Obstacles n°s 4, 5, 6	Bois de formes variées.
9	Fer et pneu à 1,500 *kg*	50	— —	Bois de 60 *mm* de large et 30 de haut formes variées
10	Pneu à 1,500 *kg*.	50	— n°s 7, 8, 9	Bois de 20 *mm* de large et 10 de haut formes variées

Ces diagrammes *(Pl. 172)* ont été calqués sur ceux obtenus par l'appareil. Nous y avons représenté les obstacles variés employés dans nos différents essais, en leur donnant leur emplacement réel par rapport aux courbes tracées. Vous remarquerez d'abord que, sur ces diagrammes, les obstacles sont un peu plus grands que nature; cela tient à ce que notre essieu était légèrement incliné et que, par suite, les mouvements du bout de l'essieu étaient amplifiés par rapport à ceux du milieu de la roue. D'autre part, sur tous nos diagrammes, figure un tracé effectué par le crayon fixé à l'essieu dans le cas où la roue ferrée passait extrêmement lentement sur l'obstacle et qui nous donne, par là même, la ligne de terre et la hauteur réelle de l'obstacle. Or, en faisant passer ensuite la roue à la vitesse de 9,500 *km* à l'heure, quel que soit le bandage, que ce soit le pneu ou le fer, le crayon-traceur indique que l'essieu ne s'élèverait que quelque temps après que la roue a rencontré l'obstacle

Ceci n'a rien d'étonnant pour le pneu, puisque le pneu s'écrase au contact de l'obstacle, mais rien de pareil ne devrait se passer pour la roue ferrée qui, elle, ne s'écrase pas.

Ce déplacement du maximum tient évidemment à la flexion de l'essieu, auquel est fixé le crayon. En effet, la charge est placée au delà de la roue, l'essieu a un porte à faux d'un mètre de longueur au bout de la roue et c'est à l'extrémité de cette longueur d'un mètre qu'est placé le crayon-traceur. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que, à la vitesse de 9,500 *km* à l'heure, c'est-à-dire de 2,700 *m* par seconde, il se produise une flexion appréciable.

Cette même flexion de l'essieu explique le fait, qui se reproduit également dans tous les diagrammes, à savoir que, même dans le cas de la roue ferrée, il y a une partie du tracé qui passe au-dessous de la ligne de terre.

Je vais vous présenter maintenant quelques observations sur plusieurs de nos diagrammes.

Importance du gonflement, c'est-à-dire de la pression à laquelle est gonflé le pneu. — Les trois premiers essais ont été faits avec une surcharge de 50 *kg* seulement. Dans ce cas, le rebondissement, à la rencontre de l'obstacle, est presque aussi fort dans le cas de la roue pneu que dans le cas de la roue ferrée, surtout avec les obstacles nos **2** et **3** c'est-à-dire avec des obstacles d'une assez grande hauteur (2 et 3 *cm*).

Si nous prenons, au contraire, les essais 4, 5 et 6 faits sur les mêmes obstacles et avec le même gonflement de 3 *kg*, mais avec une charge plus forte sur l'essieu (130 *kg* au lieu de 50), la hauteur des rebondissements reste à peu près la même pour la roue ferrée, tandis qu'elle diminue dans de notables proportions pour la roue pneu, puisque au lieu d'être de 70 *mm* elle n'est plus que de 40. Ceci démontre la nécessité, dans l'emploi du pneu, de gonfler à une pression qui soit en rapport avec la charge existante sur les roues. Dans le premier cas, on avait un véritable *ballon* dans le deuxième cas, on a ce qu'on doit avoir, c'est-à-dire *un coussin d'air*.

Le pneu est un ressort d'air comprimé dont la pesanteur est l'antagoniste. Il est facile de comprendre qu'il faut proportionner ces deux forces ; donc, plus la voiture sera lourde, plus il faudra gonfler ; plus elle sera légère, moins il faudra gonfler. Dans la pratique et pour la dimension de pneu de 65 *mm* de boudin, ces pressions varient entre 3 et 5 *kg*.

Danger de trop peu gonfler.

Mais ici intervient une question grave et qui naît de la constitution même du pneu. S'il est trop peu gonflé, lorsqu'il viendra au contact d'un gros obstacle, il s'aplatira et la jante métallique viendra cogner l'obstacle à travers les enveloppes de caoutchouc qui constituent le pneu. Le caoutchouc sera cisaillé. Il vaut donc, évidemment mieux, dans la pratique, tenir ses pneus un peu trop gonflés que pas assez gonflés ; dans un cas, sans doute on perd un peu de confortable, mais dans l'autre, on risque d'abîmer son bandage. Ainsi l'on arrive à cette double conclusion pratique : d'abord, c'est que le propriétaire d'un pneu doit, lui-même, s'occuper du gonflement de son bandage, ensuite, c'est qu'on doit gonfler davantage son pneu quand on roule dans un sol semé d'obstacles, défoncé, couvert de cailloux, que quand on roule sur le pavé en bois ou sur le macadam d'une ville et enfin c'est qu'il faut gonfler davantage son pneu lorsqu'on va vite puisque l'intensité des chocs augmente.

Le pneu ignore l'obstacle.

Passons à une deuxième observation. — L'essai n° 7 a été fait avec trois obstacles en fer semblables, à savoir des fers carrés de 30 *mm* de côté et placés à une distance d'environ 50 *cm* les uns des autres. Tandis que la roue ferrée rebondit sur chaque obstacle, le pneu, au contraire, après avoir rebondi sur le premier, s'écrase à la rencontre des deux autres, qu'il semble pour ainsi dire *ignorer*.

Faites attention à l'allure des deux courbes : l'une se compose de trois ressauts brusques et qui montent en l'air suivant un angle de 35 degrés, c'est celle du fer ; notez que la courbe serait plus brusque encore si l'essieu ne fléchissait pas sous le choc comme nous venons de le voir. On sent là toute la perte de force et en même temps le manque de confortable, car ces deux conditions sont solidaires.

Le pneu, au contraire, au lieu de ressauts brusques, donne une série d'ondulations analogues à des vagues. Leur plus grand angle est de 15 degrés. Ainsi, avec le pneu vous avez franchi une pente qui n'a rien d'excessif ; avec le fer, vous êtes venu buter comme sur un angle de trottoir.

Avec ces trois obstacles successifs de 3 *cm* de hauteur, nous sommes à peu près dans le cas d'une route très mal entretenue, présentant de distance en distance des aspérités, des cailloux qui dépassent le sol et nous voyons qu'à chaque obstacle la roue en fer rebondit, subit des chocs, imprime des flexions à l'essieu, lesquels se traduisent par des irrégularités dans notre courbe.

Le pneu, au contraire, après avoir rebondi sur le premier obstacle, sans choc grave, puisque la courbe est douce et régulière, s'écrase sur les autres et il s'écrase à tel point, qu'à l'endroit précis où se trouve l'obstacle n° 2, la ligne tracée par le moyeu est *au-dessous* de la ligne de terre. Un obstacle en fer, de toute la largeur de la route, de 3 *cm* de hauteur et de largeur, est loin d'être négligeable, et cependant le pneu l'absorbe complètement et d'autant plus facilement qu'il a été projeté sur lui avec plus de force et que le ressort d'air comprimé dont je parlais tout à l'heure a fléchi davantage.

Il se présente même là un fait curieux. Nous venons de faire passer la roue pneu sur trois obstacles semblables ; eh bien, supprimons les deux derniers, faisons passer la roue et voyons la courbe : elle est presque identique à l'autre ; sans doute, au-dessus du troisième obstacle, la roue, dans le premier cas, rebondit plus fort et plus haut, mais, au deuxième obstacle, il y a identité presque absolue, c'est-à-dire qu'il importe peu au pneu, animé d'une certaine vitesse et tombant avec une certaine force, de retomber sur un sol plat en ciment ou de retomber sur une barre de fer.

Nous avons répété plusieurs fois cette expérience parce qu'elle nous semblait intéressante.

Cependant, s'il est absolument vrai que le deuxième obstacle passe inaperçu, absolument inaperçu, parce que nous sommes venus le frapper avec une force vive accrue, il n'en est pas moins vrai que le premier obstacle de 3 *cm* a imprimé à notre moyeu un mouvement qui, pour être très doux, n'en est pas moins parfaitement appréciable.

Il était donc très intéressant d'étudier la question suivante :

Quelle est la hauteur de l'obstacle placé sur un sol absolument plat et que le pneu, pris dans des conditions pratiques d'emploi aux différents points de vue de la vitesse, de la charge et de la pression intérieure pourra rencontrer sans que le moyeu reçoive aucun mouvement? Une voiture à pneus sans ressort ignore même au trot tout obstacle de 1 *cm* de hauteur. Dans l'étude de cette question nous rencon-

trâmes une difficulté assez inattendue. Je vous ai dit tout à l'heure que nous avions tracé sur nos diagrammes la ligne de terre en faisant passer la roue à une vitesse très lente devant le papier enregistreur. Cette fois, nous la fîmes passer à la vitesse du trot; nous avons alors obtenu, non plus une droite, mais une courbe très allongée, très régulière et qui, tantôt passe au-dessus, tantôt passe au-dessous de la véritable ligne de terre. C'est dire que, même sans aucun obstacle, le moyeu s'élève et s'abaisse au-dessus et au-dessous de la ligne de terre réelle.

D'où vient cela? A notre avis, cela provient de l'élasticité du pneu lui-même qui amplifie et rythme, en quelque sorte, les vibrations produites par la vitesse dans notre manège.

Quoi qu'il en soit, comme la ligne tracée ne s'écarte que de quelques millimètres de la ligne de terre, comme, d'autre part, il eût fallu dépenser beaucoup de temps pour arriver à avoir un appareil absolument sans vibration, nous avons passé outre et nous avons entamé les expériences :

Trois règles, mesurant 1 *cm* de hauteur et 2 *cm* de largeur, furent placées sur la piste. La roue passa à la vitesse du trot et la courbe obtenue, comme vous pouvez le voir, ne subit aucune modification appréciable.

Ainsi, supposez que, sur un sol en ciment, on place à 60 *cm* de distance toute une série de barres de fer de 1 *cm* de hauteur et de 2 *cm* de largeur, une voiture à pneus, sans ressorts, passera comme sur un sol lisse.

Si je ne me trompe, Messieurs, vous aurez tiré de l'examen de nos différents essais, la conviction que, le confortable, l'économie de matériel et de la force nécessaire pour la propulsion, sont des termes solidaires entre eux et que quiconque améliore le confortable doit, par cela même, améliorer la durée de la voiture et diminuer notablement l'effort de traction.

Il y a un dernier élément de la construction des voitures qui est solidaire avec les trois que je viens de citer, c'est la légèreté de la voiture elle-même ; le poids dépensé pour la construction d'une voiture devient, surtout pour les voitures automobiles, un élément absolument essentiel et qui doit à juste titre préoccuper les constructeurs. Jusqu'ici ils étaient enfermés dans le cercle vicieux suivant : *faire léger* et alors être exposé à des ruptures ; *faire lourd*, mais alors s'interdire absolument la vitesse, parce que, si vous déplacez une masse considérable avec une grande vitesse,

les chocs acquièrent une telle intensité que rien ne peut y résister. Nous croyons que le pneu donne la solution de ce dilemme, parce qu'il permettra de réaliser une économie de poids considérable dans la construction des voitures. En voici un exemple.

Nous possédons à l'usine un quadricycle à trois personnes, mû par des pédales que font agir les trois personnes qui le montent.

Nous plaçons sur les quatre roues de ce véhicule les pneus que nous voulons comparer entre eux, c'est notre instrument d'essai : trois personnes y prennent place et font un certain nombre de kilomètres, on examine les pneus au retour ; les rayons des roues avaient un diamètre de 18 dixièmes de millimètres, c'est-à-dire une section de 254 dixièmes de millimètre carré, ils sont au nombre de trente-deux à l'avant et de quarante à l'arrière, leur section totale était donc de 36,576 dixièmes de millimètre carré. Le poids de la voiture, en ordre de marche, variait entre 280 et 300 *kg* suivant le poids des personnes. Après une série d'essais de pneus, nous n'avions constaté aucune rupture de rayons, lorsque, nous dûmes étudier le caoutchouc creux. On monta différentes qualités de caoutchouc creux sur les roues, en employant le même diamètre de rayons que pour les pneus et nos trois hommes repartirent ; ils revinrent à pied en poussant leur véhicule ; des rayons avaient cassé à toutes les roues. Nous fûmes obligés, pour pouvoir rouler tranquillement et sans trop d'avaries, de donner aux rayons un diamètre de 3 *mm*, soit une section de 706 dixièmes de millimètre carré, c'est-à-dire que la section totale passa de 36,576 dixièmes de millimètre carré à 101,664 dixièmes et qu'elle fut augmentée dans la proportion de 2,8, c'est-à-dire presque triplée. Et pourtant, les caoutchoucs creux présentent déjà un énorme avantage sur la roue ferrée : ce sont des tubes de 30 *mm* de diamètre, avec un trou central de 10 *mm* et qui sont déjà capables d'amortir bien des chocs.

Quelle économie de poids ne pourra-t-on pas réaliser sur les voitures, si des organes essentiels, comme les rayons peuvent être allégés dans ces proportions par la substitution des pneus aux caoutchoucs creux ?

Les bicyclettes militaires 21 *kg* contre 12 *kg*.

Un autre exemple nous vient de la vélocipédie militaire. Vous savez que l'usine de Puteaux fabrique un type de bicyclette réglementaire qui pèse 21 *kg* et qui est monté sur des caoutchoucs

creux de 32 *mm* de diamètre. On vient de faire, à l'École de Joinville, des essais comparatifs entre ces bicyclettes et les bicyclettes pliantes du capitaine Gérard, lesquelles pèsent 12 *kg* et sont montées sur des pneus. Les essais faits à Joinville ont consisté à parcourir en troupes un certain nombre de kilomètres (exactement 3.600) dans des chemins absolument quelconques. Les caoutchoucs creux ont péri et surtout leurs machines, malgré leur poids de 21 *kg*, et peut-être *à cause* de leur poids de 21 *kg* : les avaries des rayons, des fourches cassées ont été très nombreuses, tandis que les pneus et les machines montées sur pneus ont subi victorieusement cette dure épreuve. Ces essais ont été assez concluants pour que le Ministre de la Guerre ait décidé que les bicyclettes de la Compagnie cycliste seraient munies de pneumatiques.

Dans cette question de voiture, qui dit confortable pour les personnes dit durée, économie d'entretien et poids léger pour le matériel. Les Anglais appelaient « secoueurs d'os », *bone shakers*, les anciens vélos à roues ferrées. Quand on a les côtes secouées dans une voiture, que les mots qui sortent de vos lèvres sont comme hachés et coupés en deux, on peut être sûr que les boulons se cisaillent dans le mécanisme et que les joints prennent du jeu.

Construction du Pneu.

Et maintenant comment est fait un **pneu**? Dans quoi est enfermé ce coussin d'air comprimé? **Comment** le fixe-t-on sur la roue de la voiture ?

Les matières employées sont le fer, matière rigide sur laquelle on accroche le caoutchouc, matière extensible *(fig. 6)*.

L'âme du pneu c'est la chambre à air, c'est un tube de caoutchouc sans fin. Son but, son seul but est d'être étanche à l'air. Par conséquent, on la fait en caoutchouc pur et sans toile, car la fibre textile est parfaitement perméable à l'air sous pression (j'insiste, en passant, sur ce fait, et je recommande, dans les réparations de la chambre à air, de ne pas employer de toile caoutchoutée). Mais, d'autre part, la chambre à air en caoutchouc pur ne peut pas résister à une forte pression. Si on la gonflait fortement quand elle est nue, on la ferait éclater.

C'est pourquoi on loge la chambre dans l'enveloppe. Cette enveloppe est faite en toile. La toile seule peut être à la fois assez résistante pour supporter la pression intérieure et les frictions

extérieures, et assez souple pour se déformer sans prendre trop de force et sans se détériorer.

La toile est rendue imputrescible par le caoutchoutage et est, en outre, protégée contre le frottement de la route par une couche de caoutchouc assez épaisse.

Le caoutchouc, est, à l'heure actuelle, la substance qui résiste le mieux au frottement de la route et aux intempéries.

Nous faisons cette couche de caoutchouc extérieure avec une section en forme de croissant et indépendante de l'enveloppe proprement dite, de sorte qu'en cas d'usure le remplacement de l'une ou de l'autre des deux parties devient plus facile. A cause de sa forme, nous l'appelons le croissant de protection.

On voit que le réservoir d'air, ou chambre à air, est distinct de l'enveloppe. L'intérêt de ceci est facile à comprendre : que le bandage soit percé et même percé de part en part, rien ne sera plus facile que de faire une réparation *durable ;* il suffira de décro-

Fig. 6. — Montage à rayons métalliques.

cher un des deux bourrelets *(fig. 6)*, et, ceci fait, de sortir la chambre à air, on collera sur cette chambre à air une pastille de caoutchouc pur. Si la plaie de l'enveloppe est grave, ce qui est rare, on y

placera une toile caoutchoutée à l'intérieur. On remontera le tout et on aura une réparation parfaitement étanche.

L'enveloppe peut être réunie à la jante par une foule de procédés.

Celui que nous avons choisi est le suivant :

L'enveloppe se termine à ses deux bords par deux bourrelets, en forme de crochets qui viennent s'engager dans les crochets correspondants de la jante.

En outre, ces bourrelets sont maintenus en place et serrés par

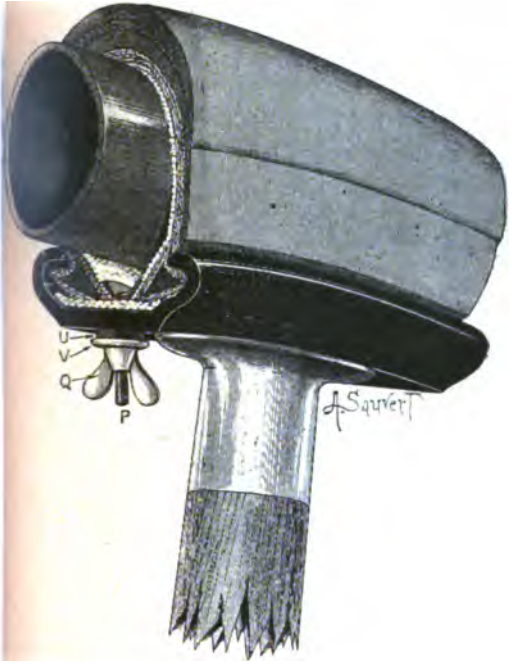


Fig. 7.

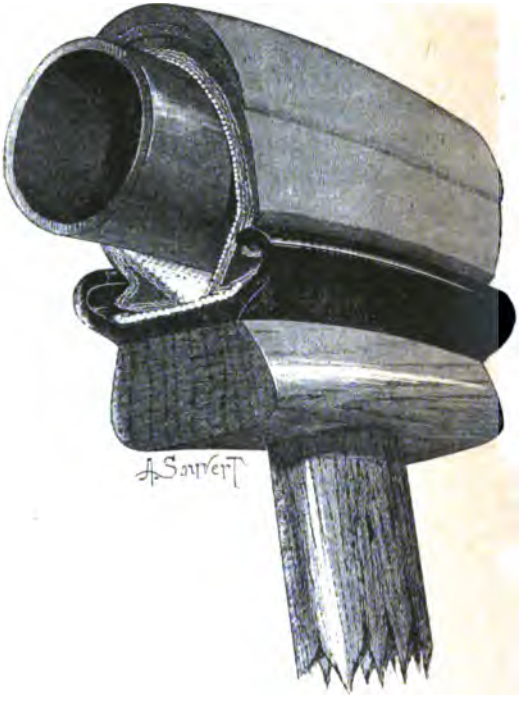


Fig. 8.

des boulons dits de sécurité et disposés de place en place (*fig.* 7, PQVU). Ils ne peuvent donc ni se déplacer ni sortir de la jante.

Ce mode d'attache présente un grand avantage.

On a essayé d'établir des pneus qui sont maintenus sur la jante simplement par la pression de l'air, c'est fort dangereux.

En effet, si la pression de l'air diminue par une cause quelconque, on peut voir l'enveloppe s'échapper, se prendre dans les rais et causer un grave accident. En outre, si la roue dérape et glisse dans une ornière ou dans un tournant, l'effort d'arra-

chement peut se trouver plus considérable que la pression de l'air et le pneu peut éclater.

C'est pourquoi nous avons jugé bon d'employer ces crochets qui pénètrent sous les crochets correspondants de la jante, et ces boulons de sécurité grâce auxquels les enveloppes ne peuvent sortir que par la volonté de l'homme.

Maintenant comment se fixe la jante métallique sur la roue en bois ?

On peut poser cette jante spéciale sur une roue en bois ordinaire, comme on y pose le cercle habituel, c'est-à-dire en la

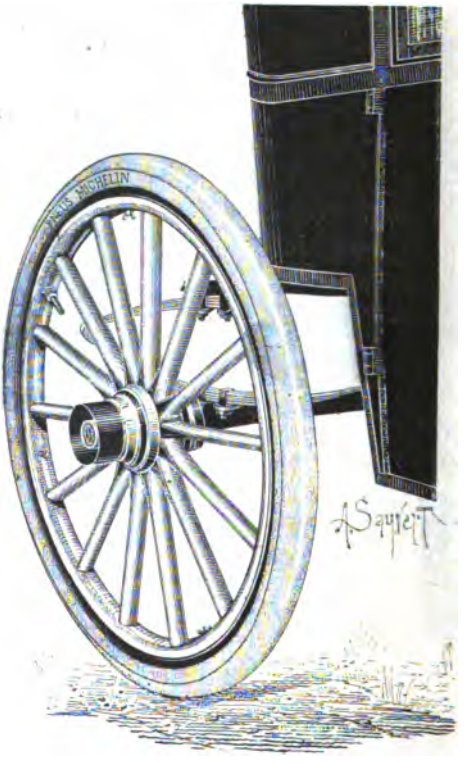


FIG. 9.— Montage sur jante bois, rais en bois.

chauffant, la mettant en place et lui laissant prendre son retrait ce qui serre les jantes bois sur les rais et les rais sur les moyeux *(fig. 8)*. Tous les carrossiers peuvent faire cette opération.

Mais, d'autre part, le pneu placé sur une jante en bois donne à la roue une grande lourdeur d'aspect *(fig. 9)*. En effet, la jante en bois habituelle a 3 *cm* de hauteur, le pneu avec sa

jante en a 7 à 8. C'est donc une masse de 10 *cm* de hauteur qui va entourer la roue : la *roue aérienne* ainsi construite aura un aspect assez pesant.

Heureusement, la jante en bois n'a, vous le savez, d'autre but que de donner de l'élasticité à la roue.

On peut s'en dispenser puisqu'on a le pneu ; et l'on obtient

Fig. 10. — Montage sur rais en bois à douilles.

un montage rationnel, plus économique et plus élégant en supprimant purement et simplement la jante bois et en prenant le bout des rais dans des douilles métalliques *(fig. 7 et 10)*. La pose de la jante se fait à chaud sur ces douilles comme s'il y avait

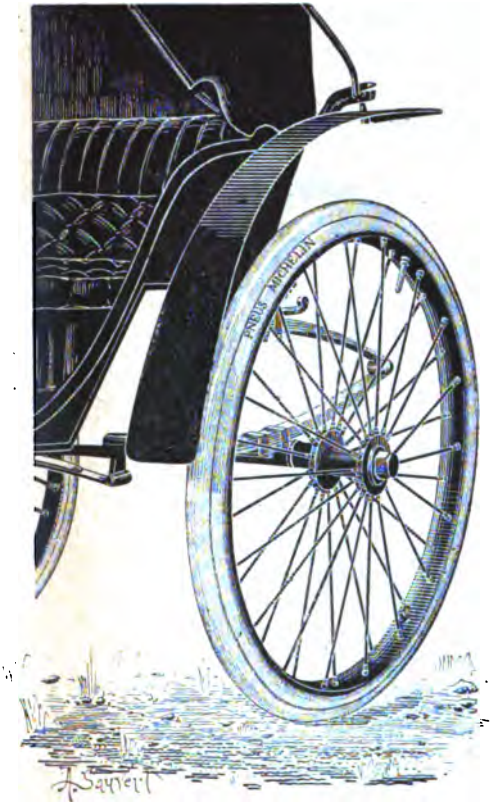


FIG. 11. — Montage à rayons métalliques directs.

FIG. 13. — Montage sur rayons métalliques tangents.

FIG. 12.
Coupe du moyeu métallique pour rayons directs.

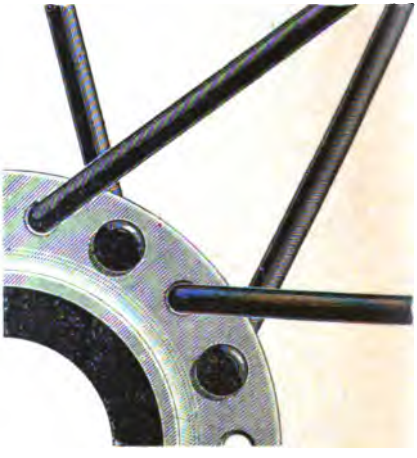


FIG. 14. — Coupe du moyeu pour rayons tangents.

des jantes bois. Après le cerclage fait on fixe définitivement les douilles sur la jante avec des rivets.

Mais, peut-être le pneumatique apportera-t-il une modification plus profonde aux roues de voitures. Nous voulons dire la suppression complète du bois et le remplacement des moyeux en bois et des rais en bois par des moyeux métalliques et des rayons métalliques. On a ainsi, évidemment, quelque chose d'identique (bien qu'un peu plus fort) aux roues de bicyclettes à rayons directs ou à rayons tangents.

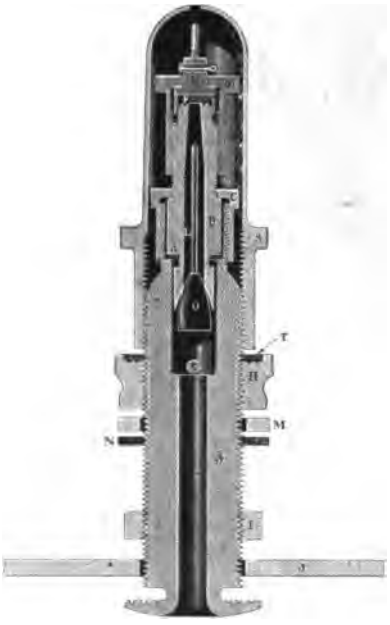


Fig. 15. — Coupe de la valve.

Les figures 11 et 12 donnent le montage sur roue métallique à rayons directs ; les figures 6, 13 et 14 indiquent le mode de montage sur roue métallique avec rayons tangents.

Les carrossiers trouvent cela fort laid et peut-être n'ont-ils pas tort, car ces rayons très légers s'harmonisent peut-être assez mal avec une caisse d'omnibus ou de coupé. Je trouve, cependant, que ces roues sont loin d'être d'un vilain aspect lorsqu'elles sont montées sur un buggy ou sur un mylord *(fig. 11)*.

Du reste, ce n'est pas de l'avenir de la roue métallique qu'il s'agit, mais bien de l'avenir du pneu et si vous voulez me permettre de terminer cette conférence par une prophétie bien facile, je dirai que le pneumatique sera, dans peu d'années, aussi fréquent sur les voitures et sur les automobiles qu'il l'est à l'heure actuelle sur les vélos.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. J. de SA É SILVA

PAR

M. A. THIRÉ

Un de nos jeunes Collègues du Brésil, M. Juvénal de Sa é Silva, est mort à Rio de Janeiro, le 22 février dernier, enlevé prématurément et brusquement après une courte maladie. Il était âgé seulement de 31 ans.

Il était né le 10 janvier 1865 dans la ville d'Alegrete, province de Rio Grande do Sul. Il vint faire ses études supérieures à Ouro Preto (Minas Geraes), et obtint le brevet d'Ingénieur des Mines de l'École des Mines d'Ouro Preto, en 1889.

Il commença sa carrière d'Ingénieur dans les chemins de fer, dans la construction du prolongement du Chemin de fer Central du Brésil (ancien chemin de fer Dom Pedro II), et c'est au service de cette importante ligne de chemin de fer qu'il consacra toute sa carrière d'Ingénieur. Il y remplit successivement diverses fonctions, dont quelques-unes très importantes. Il fut notamment chargé d'étudier un tracé pour franchir la Serra do Mar, dans l'État de Rio de Janeiro, dans le but d'alléger le trafic, beaucoup trop surchargé, de la ligne principale du Chemin de fer Central.

Il fit partie de la première commission chargée d'étudier l'emplacement d'une nouvelle capitale pour l'État de Minas Geraes, projet dont la réalisation devait avoir lieu plus tard et qui, aujourd'hui est en voie d'exécution, par la construction de la nouvelle capitale de l'État de Minas Geraes à Bello Horizonte.

Pendant quelque temps, il appartint à l'Administration de l'État

de Minas Geraes et y remplit pendant environ un an les fonctions d'Inspecteur des terres et de la colonisation.

Mais l'industrie des chemins de fer l'attirait et le séduisait plus que toute autre carrière; et, quittant le service des terres et de la colonisation, il rentra dans les chemins de fer.

En dernier lieu, il dirigeait une des sections du service de l'élargissement de la voie étroite du Chemin de fer Central, sur la ligne de Saint-Paul.

M. Juvénal de Sa é Silva était très aimé et estimé de son personnel, ainsi que de tous ceux qui le connaissaient. Sa mort prématurée a surpris et attristé ses nombreux amis, et a provoqué d'unanimes regrets.

CHRONIQUE

N° 198

Sommaire : Les grands bateaux à vapeur à roues *(suite)*. — La fabrication du carbure de calcium. — Le système métrique aux États-Unis. — Trains rapides en Allemagne. — Explosions de chaudières à vapeur.

Les grands bateaux à vapeur à roues *(suite)*. — Nous avons indiqué au début de cette note que la ligne de Dieppe à Newhaven avait reçu depuis quelques années des bateaux à hélice à grande vitesse, la *Seine* et la *Tamise*, construits au Havre pour la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest par les Forges et Chantiers de la Méditerranée. Ces bateaux, qui ont un faible tirant d'eau, 2,80 *m* pour pouvoir entrer à Dieppe et à Newhaven à toute heure de la marée, ont deux hélices actionnées chacune par une machine à triple expansion tournant à 200 tours par minute. Dans l'un, les chaudières sont cylindriques à foyers ondulés et à retour de flamme; dans l'autre, elles sont du type Belleville. Ces navires ont, comme nous l'avons déjà dit, eu le succès le plus complet et la Compagnie de l'Ouest vient de commander aux mêmes constructeurs et pour le même service, un troisième bateau semblable à la *Tamise*.

La Compagnie anglaise du London, Brighton and South Coast avait mis, il y a deux ans, sur la même ligne un paquebot du même genre, le *Seaford*, construit par Denny frères, à Dumbarton. Ce bateau, de 81 *m* de longueur, 10,30 *m* de large et 4,35 *m*, de creux, c'est-à-dire sensiblement les mêmes dimensions que la *Seine* et la *Tamise*, était mû par deux machines à triple expansion à quatre cylindres savoir : un de 0,575 *m*, un de 0,915 *m* et deux de 0,995 *m*, avec 0,685 *m* de course; la vapeur était fournie par quatre chaudières simples marchant à tirage forcé en chaufferies closes.

La vitesse réalisée était de 20 nœuds.

Tous ces bateaux peuvent effectuer la traversée entre Dieppe et Newhaven en trois heures un quart environ. Le *Seaford* a été coulé par collision dans la nuit du 20 août 1895; les chantiers Denny viennent de mettre dernièrement à l'eau le *Sussex*, du même type que le *Seaford* et destiné à le remplacer.

La traversée du Havre à Southampton se faisait encore il y a peu de temps par des bateaux à roues marchant à 14 nœuds et mettant pour le parcours huit heures trois quarts dont environ cinq de mer proprement dite, le reste du passage s'effectuant dans les eaux tranquilles de la rade de Spithead et de la rivière de Southampton.

La ligne transatlantique américaine ayant Southampton pour point de départ de ses paquebots à grande vitesse, on a jugé utile, pour y

amener les voyageurs français, d'établir une communication accélérée à travers la Manche et le London and South Western Ry a mis dernièrement en service entre le Havre et Southampton deux bateaux à hélice rapides, l'*Alma* et le *Columbia*, construits par J. et G. Thomson, de Clydebank.

Ces bateaux sont un peu plus grands que les précédents et ont plus de tirant d'eau, n'étant pas gênés par les profondeurs d'eau des ports d'attache. Ils ont 82,30 *m* de longueur 10,37 *m* de largeur et 7 *m* de creux. Le tonnage brut est de 1 140 *tx*. Le tirant d'eau atteint 4 *m*. Les deux hélices de 3,35 *m* de diamètre sont actionnées chacune par une machine à triple expansion à quatre cylindres dont un de 0,483 *m*, un de 0,737 et deux de 0,830 *m* de diamètre, avec 0,76 *m* de course. La vapeur est fournie à la pression de 11,5 *kg* par deux chaudières tubulaires à simple façade, ayant quatre foyers chacune. Ces chaudières fonctionnent à tirage forcé avec chambres de chauffe closes. Ces bateaux ont donné aux essais une vitesse de 19,3 nœuds avec 190 tours en développant 3 740 *ch* indiqués. La vitesse en service est de 18,5 à 19 nœuds.

La puissance relativement faible qui a permis d'obtenir ces résultats s'explique par la finesse des formes des coques et aussi par le plus grand tirant d'eau, grâce auquel on a pu donner aux hélices d'assez larges proportions.

Avant l'*Alma* et le *Columbia*, la même Compagnie avait mis en service sur ses lignes des îles de la Manche trois bateaux à hélice le *Lydia*, le *Stella* et le *Frederica*, également construits par la maison Thomson. Ces bateaux avaient sensiblement les mêmes dimensions, la vitesse était à peu près la même, mais une puissance beaucoup plus considérable, plus de 5 000 *ch*, alors que les derniers bateaux emploient moins de 4 000 *ch*. Sous le rapport de cette économie de puissance l'*Alma* et le *Columbia* représentent un progrès sérieux.

La Compagnie du London and South Western n'a mis en service, sur ses autres lignes entre l'Angleterre et les îles de la Manche ou la France, aucun bateau à roues; elle a reporté sur ces lignes les anciens bateaux à roues de la ligne du Havre.

Dans la mer d'Irlande, un service intéressant est celui qui est fait au départ d'Holyhead par la Compagnie du London and North Western Ry, concurremment avec la célèbre ligne exploitée par la City of Dublin Steam Packet Cy. Le London and North Western avait des bateaux déjà anciens le *Banshee*, le *Lily* et le *Violet*, dont les appareils moteurs ont été transformés de 1890 à 1893 avec des résultats assez remarquables pour mériter que nous nous arrêtions un instant sur cette transformation.

Ces bateaux ont 91 *m* de longueur, 10,10 *m* de largeur et 4,20 *m* de creux, avec 3,30 *m* de tirant d'eau. Ils étaient mus par des machines à cylindres oscillants de 1,97 *m* de diamètre et 2,10 *m* de course fonctionnant à la pression initiale de 2,10 *kg*. Les chaudières avaient une surface de grille de 45 m^2 et une surface de chauffe totale de 1 134 m^2. La puissance développée était de 3 200 *ch* indiqués, ce qui donne 71 *ch* par mètre carré de grille et 2,82 *ch* par mètre carré de surface de chauffe. Les coques et machines de ces bateaux avaient été fournies par la maison Laird, de Birkenhead.

Le *Lily* et le *Violet* reçurent dès 1890 leurs nouvelles machines. Ce

furent des appareils à triple expansion du système dit à clocher. Les trois cylindres sont placés verticalement les uns à côté des autres dans le sens transversal du navire : le petit cylindre est au milieu ; les diamètres sont respectivement 1,117 *m*, 1,778 *m* et 2,743 *m*, la course commune étant de 1,98 *m*. Les cylindres sont posés directement sur les carlingues, sans plaque de fondation ; quatre colonnettes en fer par cylindre portent un fort entablement en acier coulé dont font partie les paliers de l'arbre des roues ; cet entablement est compris comme d'habitude entre deux forts baux en tôle et cornières. Des angles de cet entablement partent dans deux plans longitudinaux passant de chaque côté de l'axe de chaque cylindre des tirants obliques qui portent les glissières où coulissent les pieds des bielles motrices ; ces glissières sont ajourées pour être plus légères.

Un système de contreventement formé de tringles disposées suivant le mode employé dans les bielles et balanciers de certaines machines américaines consolident cet ensemble de bâtis qui a une grande légèreté et une certaine élégance. Le cylindre à haute pression n'a qu'une tige, chacun des deux autres en a deux situées dans un plan longitudinal. Ces tiges s'attachent à une traverse des extrémités de laquelle partent deux forts tirants obliques reliés à une traverse plus courte portant le bouton embrassé par la petite tête de la bielle et guidé par des coulisseaux glissant dans les guides dont il a été question plus haut. La bielle a à la partie inférieure la grosse tête qui embrasse le bouton des manivelles de l'arbre porte-roues.

Les tiroirs sont sur l'avant des cylindres ; ce sont un tiroir cylindrique pour le cylindre à haute pression et des tiroirs en D à double orifice pour les autres. Tous sont actionnés par un mécanisme Joy dont les axes sont attachés aux contreventements des guides de la tête de pistons. Le renversement de la marche s'effectue par un cylindre à vapeur et un cylindre hydraulique d'un des types généralement adoptés pour ces puissants appareils.

Le condenseur à surface est cylindrique, à axe horizontal, placé en avant des machines du côté des tiroirs. Les pompes à air sont indépendantes et mues par une machine auxiliaire à triple expansion. La circulation de l'eau s'effectue par des pompes centrifuges.

Ces machines ont l'inconvénient d'occuper toute la largeur du bateau et de déborder sur le pont ne laissant de chaque côté qu'un passage assez restreint. La hauteur est considérable, car le point le plus élevé des glissières est à 10,30 *m* au-dessus des carlingues et à 5,80 *m* au-dessus du pont. Mais ces machines sont assez légères ; on a employé le plus possible le fer et l'acier coulé dans les bâtis et l'acier dans le mécanisme.

Le diamètre des roues est de 7,90 *m*, il a été un peu réduit par rapport aux roues primitives, mais le nombre des aubes a été conservé : il est de 12 ; ces aubes sont en tôle d'acier cintrée, leur longueur est de 3,35 *m*.

L'appareil évaporatoire se compose de six chaudières type locomotive à deux foyers chacune, divisées en deux groupes, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière des machines.

Il y a deux cheminées ; à la base de chacune est un ventilateur aspirant qui donne un vide de 37,5 *mm* d'eau.

Voici quelques chiffres relatifs aux résultats obtenus avec les nouveaux appareils.

	Tirage naturel.	Tirage forcé.
Vitesse	18,7 nœuds	19,5 nœuds
Pression	8,9 *kg*	9,9 *kg*
Vide	0,70 *m*	0,70 *m*
Nombre de tours	32,5	35
Travail indiqué	3 300 *ch*	4 070 *ch*
Nombre de chevaux par mètre carré de grille	1 26 *ch*	1 55 *ch*
Nombre de chevaux par mètre carré de chauffe	3,55	4,37

En plus de l'augmentation importante réalisée dans la vitesse, on dépense beaucoup moins de combustible, l'économie étant suffisamment indiquée par le fait que les bateaux embarquaient précédemment 50 *tx* de charbon et qu'avec les nouvelles machines, ils n'en prennent plus que 30.

Le *Banshee* a été transformé après les deux autres et a reçu des machines plus puissantes, mais du même système; les chaudières sont semblables à celles des autres bateaux, mais avec le tirage forcé en chambres de chauffe closes, au lieu du tirage par aspiration. La puissance réalisée a été de 4 750 *ch* à 36 tours à tirage naturel et de 5 150 *ch* à 38 tours avec tirage forcé; dans ces dernières conditions la vitesse obtenue a été de 20 1/2 nœuds.

Les dessins des appareils moteurs des bateaux dont nous venons de parler ont été donnés dans l'*Engineer*, numéro du 17 avril 1891.

Il existe, dans la mer d'Irlande, un certain nombre d'autres lignes desservies par des bateaux à roues à grande vitesse, par exemple la ligne entre l'Écosse et l'Irlande, de Stanraer à Larne par laquelle le passage s'effectue en deux heures, au moyen de puissants bateaux à roues, *Princess May* et *Princess Victoria*, construits en 1890 par Denny frères, à Dumbarton.

Ces paquebots ont 83,40 *m* de longueur, 10,83 *m* de largeur et 4,10 *m* de creux. Ils portent des machines compound diagonales à deux cylindres de 1,295 *m* et 2,285 *m* de diamètre et 1,676 *m* de course dont les tiroirs sont commandés par des mécanismes Walschaerts et recevant la vapeur à la pression initiale de 8,2 *kg* de quatre chaudières cylindriques à retour de flamme et à simple façade fonctionnant à tirage forcé en chambre de chauffe close, dans lesquelles un ventilateur donne une pression de 40 *mm* d'eau. Ces bateaux portent beaucoup de bestiaux, mais ils sont emménagés de manière que ce chargement ne gêne pas les voyageurs qui s'aperçoivent à peine de sa présence.

A 48 tours, les machines développent 5 300 *ch* indiqués et donnent au bateau la vitesse de 20,3 nœuds.

MM. Denny ont construit un assez grand nombre de bateaux analogues dont les malles poste belges, *Princesse Josephine* et *Princesse Henriette*, un bateau *Duchess of Hamilton* qui fait le service entre Ardrossan et l'île d'Arran, en outre la *Clacton-Belle* qui dessert les communications entre Londres et Clacton-sur-mer, plage très fréquentée de la côte

d'Essex, etc. Les éléments principaux de ces bateaux et les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous.

	NOMS DES BATEAUX			
	Princesse Henriette	*Princess Victoria*	*Duchess of Hamilton*	*Clacton-Belle*
Date de la construction . .	1888	1890	1890	1890
Longueur.	91,50 *m*	85,40 *m*	76,25 *m*	75 *m*
Largeur	11,60	10,80	9,15	8,08 *m*
Creux	4,11	4,26	3,20	3,05
Système de machines . . .	Comp. incl.	Comp. incl.	Comp. incl.	Comp. incl.
Diamètre des cylindres . .	0,991 - 2,642	1,295 - 2,286	0,876 - 1,524	0,711 - 1,270
Course des pistons	1,830 *m*	1,676 *m*	1,525 *m*	1,525 *m*
Nombre de chaudières. . .	6	4	3	2
Pression	8,5 *kg*	8 *kg*	8 *kg*	8 *kg*

On peut encore citer la ligne entre Greenock et Belfast où se rencontrent de grands bateaux à roues, entre autres l'*Adder*, construit aux chantiers de Fairfield, à Govan; ce bateau a 85,40 *m* de longueur entre perpendiculaires et porte une machine compound à deux cylindres inclinés et superposés, avec une seule paire de manivelles, du type dû à M. A. Normand et dont nous avons parlé dans notre note de juillet 1887. Les cylindres ont 1,308 et 2,362 *m* de diamètre, et 1,82 *m* de course. Ces machines développent 5 500 *ch* indiqués et donnent au bateau une une vitesse de 20 nœuds.

Le dessin des machines du *Cobra*, (aujourd'hui *Saint-Tudno*) autre bateau construit pour la même ligne, mais affecté actuellement à celle de Liverpool à Llanduro, semblables à celles de l'*Adder*, bien qu'un peu moins puissantes (4 000 *ch*), a été donné dans le numéro du 26 juillet 1889 de l'*Engineer*. Le même journal a donné dans son numéro du 28 avril 1876, le dessin des machines de 400 *ch* indiqués de l'*Hirondelle*, bateau de la ligne du Havre à Honfleur, les premières construites sur ce modèle par M. A. Normand, dès 1875 (1).

L'île de Man est reliée à l'Écosse et l'Irlande par plusieurs lignes de paquebots rapides, dont nous avons décrit les plus remarquables dans notre note de juillet 1887. Nous n'y reviendrions pas, si nous ne pensions intéressant de signaler une addition récente faite au matériel naval de ces lignes dans le bateau *Queen of the North*. Ce paquebot, construit par la maison Laird, de Birkenhead, a été mis en service l'année dernière sur la ligne de Blackpool à l'île de Man. Il est plus petit que tous ceux que nous avons décrits précédemment et ne rentre

(1) Le premier bateau de construction anglaise sur lequel ce type de machine ait été appliqué est le *Britanny*, construit en 1885, pour la ligne de Dieppe à Newhaven, et les Anglais font honneur de l'invention de cette disposition à feu A. Kirk, alors directeur des chantiers Elder et à M. Stroudley, locomotive-superintendent du London Brighton and South Coast Railway, compagnie à laquelle appartenait le bateau. Les machines du *Brighton* et du *Victoria*, bateaux de la même ligne, furent peu après faites sur le même modèle. On voit par ces dates, que la machine de M. A. Normand est de dix ans antérieure.

pas dans les limites que nous nous étions tracées, mais il présente des particularités assez intéressantes pour justifier une exception.

Le *Queen of the North* a 67,10 *m* de longueur entre perpendiculaires, 7,93 *m* de largeur et 3,66 *m* de creux. Sa jauge (ancienne mesure) est de 800 *tx*. Pour développer 2 500 *ch* dans un bateau semblable il était nécessaire d'employer un appareil moteur de dimensions restreintes, et le constructeur y est arrivé en employant un système qu'il a probablement cru nouveau, mais qui a été construit en France à un certain nombre d'exemplaires, il y a déjà trente ans. C'est une combinaison de machines fixes et de machines oscillantes. Les cylindres à haute pression de 0,724 *m* de diamètre sont fixes et inclinés, leur bielle attaque le bouton d'une manivelle sur laquelle agit également la tête de tige de piston d'un cylindre oscillant vertical de 1,27 *m* de diamètre, qui est le cylindre à basse pression; la course commune est de 1,525 *m*. Il y a deux machines semblables, côte à côte, avec un débrayage sur l'arbre intermédiaire, pour permettre de faire tourner les roues indépendamment l'une de l'autre; cette disposition est utile à la manœuvre du bateau dans le port de Blackpool, où il existe des courants assez violents. Chaque machine ayant, en réalité, deux pistons agissant à 90° ou à peu près, on aurait pu laisser les roues indépendantes d'une manière permanente, mais au roulis la machine de la roue émergeant aurait pu s'emporter, c'est pour cela qu'on a installé l'embrayage composé de deux plateaux dont l'un porte des broches en saillie qui pénètrent à volonté dans des trous correspondants dans l'autre plateau. Les cylindres à haute pression ont des tiroirs cylindriques, les cylindres oscillants des doubles tiroirs plans disposés comme d'habitude.

La distribution se fait par des coulisses. La condensation est à surface, il y a un condenseur par paire de cylindres, la pompe à air est mue par un balancier d'équerre par la tige du piston du cylindre incliné. La circulation est opérée par des pompes centrifuges avec moteurs indépendants.

Deux chaudières, type locomotive à deux foyers chacune, fournissent la vapeur à la pression de 9,2 *kg*. Le tirage se fait par aspiration au moyen de ventilateurs de 1,22 *m* de diamètre, tournant à une vitesse modérée et actionnés par de petites machines verticales à un seul cylindre. A la sortie des chaudières, la cheminée est double et chaque partie aboutit à une des ouïes du ventilateur; au-dessus la cheminée prend une section elliptique avec le grand axe dans le sens de la longueur du bateau. L'arbre du ventilateur traverse un tube où circule de l'air froid pour prévenir l'échauffement. Avec cette disposition, on obtient sans aucun embarras un vide de 25 *mm* d'eau dans les cendriers. Avec 2 500 *ch* indiqués, ce bateau atteint une vitesse de 18 1/2 nœuds.

Nous avons dit plus haut que ce modèle de machine a été créé en France; il est dû, en effet, à Benjamin Normand, qui l'a appliqué, en 1865, au bateau le *François-Ier*, de 500 *ch* indiqués, de la ligne du Havre à Honfleur, et à un assez grand nombre de bateaux plus petits, le *Jean Guiton*, de La Rochelle, le *Luzitano*, de Lisbonne, etc. Dans ces machines, il n'y avait qu'une paire de cylindres et le cylindre à haute pression était le cylindre oscillant, et le cylindre à basse pression, le

cylindre fixe. Cette disposition paraît plus rationnelle que celle du constructeur anglais. Nous ne croyons pas qu'il ait jamais été publié de dessin de la machine de B. Normand, mais on la trouvera représentée d'une manière générale dans le brevet n° 59474 du 20 juillet 1863, pris par Normand. L'appareil moteur du *Queeen of the North* se trouve figuré dans le numéro du 1er novembre 1886 de l'*Engineer*. *(A suivre.)*

La fabrication du carbure de calcium. — Les renseignements publiés jusqu'ici sur la fabrication du carbure de calcium sont généralement peu précis et souvent contradictoires. Le *Journal of the American Chemical Society* donne, sur cette question, une note de MM. J. T. Morhead et S. de Chalmot, qui contient des observations relevées à l'usine d'aluminium de la Société Willson, à Spray, où on a fabriqué, pendant plusieurs mois du carbure de calcium à titre d'essai. Ces renseignements sont intéressants au point de vue de la production de l'acétylène.

Le carbure de calcium peut donner 5,90 pieds cubes de gaz par livre, ce qui représente 365 *l* en nombre rond par kilogramme, mais il est plus avantageux de produire du carbure à 96,6 0/0 qui ne donne que 5 pieds cubes, soit 309 *l* par kilogramme. Les carbures qu'on fabrique donnent, selon leur degré de pureté, de 3,45 à 5,7 pieds cubes, soit de 213 à 352 *l* par kilogramme.

Avec un courant de 1 700 ampères à 100 volts correspondant à une puissance de 225 *ch*, on produit 38,5 *kg* de carbure de calcium par heure. Le coût des crayons en charbon qui forment un des électrodes est à lui seul de 25 *f* par tonne de carbure produit. La moyenne de douze essais a donné une production par cheval et par vingt-quatre heures de 4,42 *kg* de carbure donnant 307 *l* de gaz par kilogramme, ce qui correspond à 1 357 *l* de gaz par cheval et par vingt-quatre heures. Le chiffre indiqué plus haut donnerait 3,92 *kg* de carbure par cheval et par vingt-quatre heures.

La réaction est :

$$CaO + 3C = CO + CaC^2$$
$$56 \quad 36 \quad 28 \quad 64$$

Il faut donc théoriquement 0,563 *kg* de chaux et 0,875 *kg* de carbone pour obtenir un kilogramme de carbure de calcium; mais le carbure produit contient toujours de l'oxyde de calcium libre. Une moyenne de dix expériences a donné, pour les proportions à employer, 1,228 *kg* de chaux et 0,837 *kg* de charbon pour un kilogramme de carbure de calcium.

Voici, d'autre part, quelques renseignements donnés par les journaux américains sur la fabrication de ce carbure à Niagara, au moyen d'une force de 1 000 *ch* fournie par la Niagara Fall Power Company. Le courant alternatif est produit à 2 200 volts et ramené par des transformateurs à 110. L'installation comprend cinq parties : la salle des broyeurs, celle des fours, celle des transformateurs, un magasin pour le carbure fabriqué et un laboratoire.

Le coke et la chaux sont mélangés dans les proportions de 100 *kg*

du premier et 75 *kg* de la seconde en poids, après avoir été réduits séparément en poudre au moyen de broyeurs Dodge et de cylindres, puis passés au tamis. Le mélange doit être fait très intimement; il est ensuite amené aux fours par des transporteurs à hélice et des élévateurs à godets.

Les fours sont à l'étage supérieur; chacun a quatre creusets pouvant contenir 400 *kg* de mélange. Les électrodes sont constitués l'un par le creuset lui-même, l'autre par un crayon en charbon. On met d'abord dans le creuset une certaine quantité de coke broyé et on abaisse le crayon pour établir le circuit et former un arc à haute température, puis, à mesure que le charbon devient incandescent, on verse le mélange dans le creuset et on l'y bourre. La réaction chimique se produit, le carbone et le calcium se combinent, et il se dégage de l'oxyde de carbone qui est emporté dans la cheminée qui surmonte le four. L'opération dure de trois à huit heures selon l'intensité du courant électrique. Un mélange de 875 *kg* de chaux et de 565 *kg* de charbon, total 1 440 *kg*, donne 1 000 *kg* de carbure de calcium (ce sont bien les proportions déjà données plus haut). On produit 5 *t* par jour. Le coût est de 23 dollars par tonne, ce qui correspondrait à 133 ou à 118 *f* par 1 000 *kg* selon qu'il s'agit dans ce qui précède de la tonne de 9 060 *kg* ou de la tonne anglaise. On ne dit pas si ce prix comprend les dépenses totales constituant le prix de revient commercial ou seulement les frais de fabrication, force motrice et matières.

Le carbure de calcium fabriqué est emballé dans des tonneaux imperméables à l'air et à l'humidité et expédié en totalité à destination de la Pensylvanie.

Le système métrique aux États-Unis. — Il a été présenté, le 16 mars dernier, à la Chambre des Représentants des États-Unis, un projet de loi relatif à l'adoption du système métrique et conçu dans les termes suivants : A dater du 1er juillet 1898, le système métrique sera le seul employé pour les poids et mesures par les administrations publiques, à l'exception du service topographique (survey of public lands) et, à dater du 1er janvier 1901, le système métrique sera le seul système légal des poids et mesures dans les États-Unis.

L'American Meteorological Society a pris l'initiative d'un pétitionnement adressé aux Chambres pour recommander au pouvoir législatif l'adoption de ce projet de loi, et s'est adressé à toutes les Sociétés scientifiques pour y prendre part. Nous croyons intéressant d'exposer ce qui s'est passé dans l'une d'elles, l'Engineer's Club, de Philadelphie; on y trouvera une indication probablement assez exacte de la manière dont cette réforme est accueillie dans les milieux scientifiques et industriels.

Le Club, à la réception de la demande d'appui de l'American Meteorological Society nomma, pour examiner la question et faire un rapport sur la suite à y donner, une Commission de cinq membres dont M. J. C. Trautwine, Ingénieur très connu aux États-Unis et en Europe. La discussion sur ce rapport a eu lieu dans la séance du 18 avril dernier. Nous résumerons les arguments présentés dans cette discussion.

Les conclusions de la Commission étaient que : L'adoption d'un sys-

tème international de poids et mesures est une question d'une grande importance pratique et l'adoption de plus en plus générale du système métrique indique que c'est le seul système existant qui soit susceptible d'être adopté d'une manière universelle. La question de cette adoption étant en ce moment soumise au Congrès des États-Unis, le Engineer's Club de Philadelphie insiste respectueusement auprès du pouvoir législatif pour que le système métrique des poids et mesures soit adopté comme seul système légal dans les États-Unis et pour qu'il soit fait appel à une entente internationale pour amener à ce point de vue l'unité entre les nations commerciales. La discussion a été ouverte sur l'adoption de cette résolution.

M. S. Vauclain (de la maison Baldwin) déclare que, dans son opinion, l'adoption du système métrique dans la manière indiquée, serait une calamité nationale.

M. William Sellers considère que l'expérience qu'on propose coûterait énormément d'argent et causerait des dommages considérables par la perturbation qu'elle apporterait dans tous les genres d'affaires. En fait les constructeurs de machines sont généralement peu favorables au système métrique, ils préfèrent de beaucoup des unités plus facilement divisibles par deux. Mais il y a autre chose; l'emploi du système métrique est facultatif aux États-Unis, ceux qui veulent s'en servir le peuvent légalement; s'il est si supérieur au système actuel qu'on le dit, son adoption se fera d'elle-même et graduellement, sans qu'il soit besoin de l'imposer dès à présent.

Le docteur Coleman Sellers désire protester énergiquement contre l'introduction du système métrique sous la forme proposée. Il est loin d'être opposé à ce système puisqu'il a encouragé son adoption dans un grand atelier longtemps avant qu'il fût facultatif aux États-Unis et il a alors fortement appuyé son introduction à ce titre. Il est d'avis que chacun doit pouvoir employer le système métrique, si cela lui convient, mais il croit, d'autre part, d'après une expérience de plus de quarante ans, que ce système n'est pas approprié à la construction mécanique et que le changement proposé impliquerait des dépenses hors de toute proportion avec les avantages très hypothétiques qu'on invoque.

M. Benjamin Smith Lyman déclare tout d'abord que son opposition au système métrique ne provient pas d'une connaissance imparfaite des mesures décimales, car il s'en est servi pendant quarante ans pour des levés de plans et, de plus, il a habité pendant une dizaine d'années des contrées où ces mesures étaient en vigueur.

La longueur du mètre peut être convenable pour mesurer certaines choses, des étoffes par exemple, mais pour d'autres, elle est trop grande ou trop petite. Le charpentier et le serrurier trouvent le pied préférable. L'avantage le plus sérieux des mesures métriques est une certaine facilité que son emploi apporte dans les calculs, mais ces calculs sont assez peu fréquents; un enfant de dix ans apprend rapidement à faire les calculs nécessaires pour les systèmes les plus irréguliers de poids et de mesures et il serait ridicule que des hommes faits trouvent un argument dans une légère simplification d'opérations qu'on a rarement besoin de faire.

En tout cas, même si l'emploi du système décimal est un avantage pour certains calculs, cet avantage partiel ne doit pas être acheté par un inconvénient général. On dit que les Etats-Unis ont intérêt à employer le système déjà adopté par beaucoup de pays avec lesquels ils ont des relations commerciales étendues. Mais le commerce des États-Unis avec le Royaume-Uni est plus considérable que celui qu'ils ont avec tous les autres pays ensemble. Un tiers de la population du globe est sous l'influence anglaise ou américaine et, dans ces conditions, il serait absurde de sacrifier ces relations à des considérations très secondaires.

L'introduction obligatoire du système métrique causerait dans toutes les industries américaines un bouleversement dont les conséquences se traduiraient par des pertes se chiffrant par millions de dollars.

Dans l'idée de l'orateur, la mesure idéale serait un pied plus court de 1/4 de pouce que le pied anglais ou américain actuel et qui alors serait un diviseur exact de la circonférence de la terre à l'équateur et la numération idéale aurait pour base 8 au lieu de 10. Bien qu'il y ait peu de chances de voir adopter ce système, ce serait, dès à présent, une excellente chose que de l'enseigner aux enfants pour développer leurs idées dans les questions de mesures et de numération.

M. J. Trautwine considère qu'il est impossible de mieux faire voir la supériorité du système métrique et décimal que ne vient de le faire, sans le vouloir, l'orateur précédent dans ce qu'il a dit en dernier lieu.

M. Wilfred Lewis croit que ce serait très regrettable si le Club appuyait l'adoption obligatoire du système métrique. Cette réforme entraînerait des dépenses énormes. Il y en a d'ailleurs une beaucoup plus utile et plus urgente par laquelle on devrait commencer, c'est l'unification des diverses mesures désignées sous le nom de *tonnes* et de *gallons* dont il existe plusieurs variétés ce qui amène des confusions fâcheuses (1).

(A suivre.)

Trains rapides en Allemagne. — Depuis l'établissement du *Nord-Express*, train hebdomadaire qui va d'Ostende à Saint-Petersbourg par Cologne, Berlin et Kœnisberg, l'administration des chemins de fer de l'État prussien réclame le record pour l'Europe du train le plus rapide sur la plus longue distance. En effet, ce train franchit en 22 1/2 heures la partie du territoire prussien entre Herbesthal (frontière belge) et Eydtkuhnen (2) (frontière russe) sur une distance de 1416,5 *km*. C'est donc une vitesse de 63 *km* à l'heure, arrêts compris. Dans le sens inverse d'Eydtkuhnen à Herbesthal, on met un peu moins de temps et la vitesse moyenne atteint 65,4 *km* à l'heure.

Si on déduit les arrêts et une perte de temps de 20 minutes à Berlin, pour l'entrée dans la ville, on trouve, dans le parcours de l'est à l'ouest, une vitesse effective moyenne de marche de 70 *km* à l'heure. Dans la partie comprise entre Stendal et Hanovre, la vitesse moyenne est de 75 *km* dans un sens et de 76,25 *km* dans l'autre. La vitesse maximum

(1) Voir à ce sujet, dans la Chronique de mars 1881, page 362, l'article intitulé : *Les différentes valeurs d'une tonne anglaise.*

(2) Eydtkuhnen est la dernière localité allemande avant Wirballen, station frontière russe.

de marche est de 90 *km* à l'heure. Il y a, en dehors des arrêts, de nombreuses causes de ralentissement, le passage de 178 stations, la traversée de la contrée montagneuse qui avoisine Aix-la-Chapelle, celle des districts miniers et métallurgiques d'Essen et de Dortmund où se rencontrent d'innombrables embranchements industriels, etc.

Si on ne tient pas compte de la distance, le train le plus rapide en Allemagne est le train de Berlin à Hambourg qui franchit en 3 h. 36 m. la distance de 286,3 *km* qui sépare ces deux villes. La vitesse moyenne est donc de 79,5 *km* à l'heure.

Explosions de chaudières. — En Allemagne, l'administration supérieure, considérant qu'il est beaucoup de cas où il est utile de définir exactement ce que signifie le mot « explosion de chaudière » a réuni une commission pour établir cette définition. Cette commission, après avoir consulté un certain nombre de Sociétés compétentes, telles que l'Association des Ingénieurs allemands, les Associations de surveillance d'appareils à vapeur, les Sociétés d'assurances, etc., est arrivée à formuler les conclusions suivantes :

Laissant de côté les cas où une explosion est amenée par des causes extérieures, telles que la foudre ou la chute d'un bâtiment, on devra, dans les rapports des associations de surveillance, documents statistiques, etc., réserver le mot explosion pour les cas définis comme suit :

Il y a explosion lorsque, pendant le fonctionnement de la chaudière, il se produit dans les parois de celle-ci une solution de continuité assez considérable pour que, par suite de la sortie de l'eau et de la vapeur, la pression intérieure se mette brusquement en équilibre avec la pression extérieure. Nous trouvons ce renseignement dans les *Annales de Glaser*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1896.

Notice nécrologique sur M. **Léon Say,** par M. Ch. Lavollée.

Rapport de M. Violle sur l'**Analyseur acoustique des mélanges gazeux,** de M. E. Hardy.

Nous croyons devoir nous borner à rappeler que cette question a été traitée devant notre Société par l'auteur lui-même dans la séance du 24 janvier dernier.

Rapport de MM. Hirsch et Brüll sur une **distribution de vapeur pour locomotives** et sur des perfectionnements divers à ces machines, par MM. A. Lencauchez et L. Durant.

La distribution, bien connue, de nos collègues, MM. Lencauchez et Durant, a été décrite dans un mémoire présenté par eux à notre Société (Bulletin de juin 1890), et qui, comme on sait, leur a valu le prix Nozo. Nous n'avons donc pas besoin d'insister sur ce sujet, mais nous croyons cependant devoir signaler une inexactitude échappée à l'attention des rapporteurs et qui n'est pas sans avoir une grande importance.

MM. Hirsch et Brüll indiquent que pour utiliser économiquement la vapeur, surtout aux grandes vitesses, deux solutions ont été étudiées : la double expansion et la distribution mono-cylindrique perfectionnée. Cette seconde solution consiste, *en n'augmentant pas le nombre des cylindres*, à munir chaque cylindre de distributeurs distincts pour l'admission et pour l'échappement. L'introduction de la partie soulignée par nous semble dire, évidemment contre l'intention des auteurs, que l'application de la double expansion entraine nécessairement une augmentation du nombre des cylindres. Or, il existe actuellement quelque chose comme 4 500 locomotives compound dont certainement plus de 3 000 à deux cylindres seulement, c'est-à-dire n'ayant pas plus de cylindres que les locomotives ordinaires, et il y a sur ces 3 000 locomotives compound un nombre élevé de locomotives à grande vitesse. A la fin de 1895, l'Administration des chemins de fer de l'État prussien a fait une commande de 230 locomotives, dont 195 locomotives compound à deux cylindres, 5 locomotives compound à quatre cylindres et 30 locomotives ordinaires seulement. Sur les 195 premières, il y en a 44 pour trains express. Nous avons cru nécessaire de signaler cette rédaction défectueuse qui, émanant d'auteurs autorisés, pourrait accréditer des idées très inexactes sur la question.

Rapport de M. Raffard sur la nouvelle **pompe à vins**, de M. Aristide Delpayrou.

C'est une pompe à soufflet en caoutchouc avec soupapes sphériques en caoutchouc et accessoires émaillés ou caoutchoutés, de manière que le liquide, en traversant la pompe, ne rencontre que des surfaces absolument propres.

Pour reconnaitre si le soufflet en caoutchouc résistait bien au travail, on l'a fait fonctionner pendant cinq heures consécutives contre une colonne d'eau de 10 *m* de hauteur, et on n'a trouvé après aucune altération. Cette pompe, qui est d'ailleurs peu coûteuse (900 *f* pour un débit de 18 000 *l* à l'heure), parait devoir rendre des services à l'industrie des vins.

Revue de mécanique générale, par M. Richard.

Cette revue contenant un très grand nombre de questions, nous nous bornerons à en énoncer les titres, d'autant plus que plusieurs ont déjà été traitées dans les bulletins de notre Société.

Enveloppes de vapeur, moteur à vapeur à grande surchauffe de Schmidt, moteur à vapeur et à air chaud de Field, machine à triple expansion de Thomson, machine à vapeur Porter, machine à vapeur Willans, machine à vapeur Raworth, distributions Hick-Hargreaves, Marshall et Wigram, Mac Cullock, Bollinck, etc.

Revue des **perfectionnements apportés à l'industrie sucrière**, par M. L. Lindet.

Cette revue traite les questions suivantes : diffusion, épuration par la chaux et l'acide carbonique, épuration par sulfitation, évaporation, cuisson et cristallisation du sucre, turbinage des masses cuites, production par la sucrerie de sucre en morceaux.

Cette dernière question qui a fait depuis longtemps l'objet de recherches multipliées, a reçu, dans ces dernières années, des solutions satisfaisantes et on peut prévoir le jour où une grande partie du sucre produit par la sucrerie entrera directement dans la consommation sans passer par l'intermédiaire des raffineurs.

Sur les **formes allotropiques du fer** et leur rôle sur la classification des aciers, par M. F. Osmond.

Il s'agit d'observations sur le mémoire de M. Howe donné dans le *Bulletin* de février dernier de la Société d'Encouragement, observations qui n'ont d'ailleurs pas pour objet de contredire les conclusions de ce mémoire.

Nouveaux **appareils de chauffage au moyen de la poussière de charbon**, d'après le Docteur Kossmann, par M. H. Chatenet.

Cette note décrit plusieurs appareils pour brûler le combustible pulvérulent, ceux de Friedeberg, de Schwartzkopff et de Wegener; ce dernier est le plus récent. Ces appareils donnent de bons résultats et se comportent bien en pratique.

Nous avons décrit le système Wegener dans la Chronique de mars dernier, page 364.

Notes de mécanique.

Nous indiquerons seulement le titre des articles contenus dans ces notes, articles reproduits de journaux anglais ou américains.

Essais d'enveloppes calorifuges, distribution Williams, renvois pour indicateurs, convoyeurs à courroies, régulateur hydraulique pour machines de laminoirs, presse à blindages, remblayeuse, système Debridge, grue à charbon du port de Brême, appareil Morse pour la réfection des soupapes.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mars 1896.

Note sur l'**utilité des chemins de fer d'intérêt local.** — Tarifs. — Formules d'exploitation, par M. Ledru, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, Ingénieur-Conseil de la Compagnie des chemins de fer de l'Est.

On se rappelle que M. M. Considère et Colson ont discuté dans les *Annales des Ponts et Chaussées* la question de la formule d'exploitation due au premier et dont le second contestait l'exactitude pour certains coefficients.

L'auteur a apporté à l'étude de cette question quelques contributions que son expérience personnelle lui a permis de réunir, car la Compagnie de l'Est est la première qui ait donné son concours à des lignes d'intérêt local, qu'elle considérait comme des affluents utiles et elle a dû s'occuper activement des questions relatives à la concession, à la construction et à l'exploitation de ces lignes.

Les lignes nouvelles se divisent, au point de vue de leur utilité, en trois catégories :

1° Les lignes utiles qui, sans avoir nécessairement un trafic suffisant pour couvrir leurs frais, apportent un affluent profitable au réseau et développent l'industrie des régions traversées;

2° Les lignes nulles qui ne produisent rien;

3° Les lignes nuisibles qui, sans desservir aucun intérêt, ne font que détourner le trafic déjà existant et augmenter les charges.

L'auteur cite parmi les lignes secondaires du réseau de l'Est, un certain nombre d'exemples de ces trois catégories.

Il est certain qu'à mesure que les mailles du réseau général se resserrent, le nombre des centres de production de quelque importance laissés en dehors de ce réseau devient de plus en plus restreint. On ne saurait donc étudier avec trop de soin l'utilité des lignes nouvelles à créer et examiner si cette utilité est bien réelle.

Au sujet des tarifs, M. Ledru semble se rallier aux conclusions de

M. Colson auxquelles il arrive par d'autres considérations, mais il propose d'y introduire quelques modifications.

Enfin, en ce qui concerne les formules d'exploitation, l'auteur, après avoir discuté la formule à six termes de M. Considère, s'y rallie entièrement, en émettant toutefois l'avis que, dans chaque cas, il faut appliquer des coefficients spéciaux, calculés avec le plus grand soin, d'après le trafic particulier à desservir, attendu qu'aucune formule à coefficients moyens ne peut convenir à tous les chemins de fer d'intérêt local à créer sur l'ensemble du territoire.

Application générale de la **nomographie** ou **calcul des profils de remblai et de déblai**, par M. M. D'OCAGNE, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette note est d'exposer les principes théoriques sur lesquels reposent les nombreuses solutions présentées pour résoudre graphiquement les problèmes relatifs au calcul des profils de déblai et de remblai, puis de montrer, par des exemples, comment les abaques connus dérivent de ces principes et enfin de faire ressortir de la théorie le type d'abaque le plus simple, type dont la description est donnée plus loin ainsi que son mode d'emploi.

Note sur un **accident d'appareil à vapeur** causé par l'entartrement rapide d'un tuyau d'alimentation, par M. C. WALCKENAER, Ingénieur des Mines, secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons présenté une analyse dans les comptes rendus d'avril dernier, page 666.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

AVRIL 1896.

DISTRICT DU NORD.

Séance du 15 décembre 1895, à Douai.

Communication de M. BAILY sur **un transport de force par l'électricité aux mines de Marles.**

Après un essai de transport souterrain par locomotives électriques fait en 1890 au siège n° 4 et dont les résultats ont été entièrement satisfaisants, la Compagnie des mines de Marles s'est décidée à créer une installation de transport beaucoup plus importante et qui fonctionne actuellement.

La puissance est empruntée à un moteur compound à condensation de 500 *ch*. Les deux cylindres ont respectivement 0,66 *m* et 1 *m* de diamètre, et 1,300 *m* de course. Le nombre de tours est de 60 par minute.

Ce moteur actionne deux dynamos tournant à 350 tours; on pourra encore en installer deux autres et on pourra mettre à 1 000 *m* de distance 11 locomotives électriques en marche.

Les conducteurs sont, dans les puits, des câbles en cuivre de 25 *mm* de diamètre, et, dans les galeries, des poutrelles en fer de 8,75 *kg* le mètre sur lesquelles roulent des trolleys formés de trois roulettes en bronze. La locomotive porte une dynamo tournant à 1 000 tours par minute dont l'axe parallèle à la voie porte une roue d'angle engrenant avec deux autres, l'une pour la marche en avant, l'autre pour la marche en arrière, dont un embrayage, commandé par un levier, permet l'entrainement alternatif. Les locomotives pèsent 3 200 *kg*. Elles remorquent à une vitesse de 14 à 16 *km* à l'heure un train de 30 wagonets portant chacun 500 *kg* de charbon. Chaque locomotive absorbe de 35 à 38 ampères à 500 volts.

Il y a actuellement quatre locomotives et un treuil mus par l'électricité.

A la suite de cette communication M. Villot donne quelques renseignements sur une installation qui a été faite par la Société houillère de Carmaux; une chaudière Belleville a été établie à l'extrémité d'un massif de fours à coke et produit, par les chaleurs perdues de huit de ces fours, 1 347 *kg* de vapeur par heure. Cette expérience a fait penser à utiliser toute la chaleur de ces fours, ce qui permettra de produire de 900 à 1 000 *ch* qu'on transformera en courant électrique pour être utilisés à distance par les divers services de la mine.

Communication de M. Prud'homme sur **l'élargissement et remplacement du cuvelage** du puits Saint-Mark n° 1 des mines d'Anzin.

Ce puits, servant à l'aérage, avait une section trop faible et un cuvelage défectueux qui amenait beaucoup d'eau dont l'extraction était coûteuse. Pour remplacer ce cuvelage et élargir le puits sans arrêter l'aérage, on a d'abord établi, à la base du vieux cuvelage un *bachout* ou rigole annulaire en tôle pour recueillir les eaux et les conduire dans une ancienne galerie servant de réservoir d'où des pompes les extrayaient.

On s'est arrangé de manière que l'élargissement ne portât que sur un côté du puits, ce qui a facilité l'opération. Le nouveau cuvelage se composait d'anneaux à quatre segments de 1,50 *m* de hauteur, le diamètre étant de 3 *m*. Malgré des venues d'eau très considérables, on opéra d'une manière continue le bétonnage et la pose du cuvelage en cinq semaines.

La dépense s'est élevée à 49 000 *f* pour 57 *m* de hauteur, soit 860 *f* le mètre courant.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 18 avril 1896.

Communications diverses de M. Lapierre sur **le Transwaal.**

Ces communications traitent du conglomérat aurifère au Transvaal, de renseignements statistiques sur les mines d'or, du terrain carbonifère au Transvaal, etc.

Communication de M. Mayençon sur **l'Electrolyse des corps solides insolubles.**

Il s'agit de détails d'opération pour l'analyse de sulfures métalliques par la méthode qui a été décrite précédemment, ainsi, la blende, la galène, les pyrites cuivreuses et la molybdenite.

Séance du 2 mai 1896.

Millénaire de la Hongrie. — Il est donné lecture d'une circulaire relative au Congrès de Métallurgie et de Géologie qui se tiendra à Budapest à l'occasion de l'Exposition le 25 et 26 septembre prochain.

Analyse par M. Maurice d'un ouvrage de M. Cambessedes sur les **Accidents par éboulements.**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 23. — *6 juin 1896.*

Nouvelles expériences sur la résistance à la flexion, par Max. R. Zechlin.

Possibilité de construire un ballon dirigeable, par F.-M. Buchholtz.

Influence de la température sur les propriétés résistantes des métaux et particulièrement du fer, par A. Ledebur *(fin)*.

Expériences sur les voûtes par la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche *(fin)*.

Groupe de Bochum. — Transmission de force par l'électricité au puits Ewald, à Herten.

Groupe de Hanovre. — Combustion de la fumée.

Groupe de Wurtemberg. — Surchauffeur Schwoerer. — Appareil pour supprimer le bruit et recueillir l'huile et l'eau dans les tuyaux d'échappement de vapeur.

N° 24. — *13 juin 1896.*

Concours pour la construction d'un pont fixe sur le Rhin, à Worms, par W.-O. Luck *(suite)*.

Explosions des récipients à acide carbonique liquéfié et leurs causes, par C. Bach.

Nouvelles expériences sur la résistance à la flexion, par Max. R. Zechlin *(fin)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Protection des marques et modèles et application à la construction méeanique.

Groupe de Carlsruhe. — Disposition d'allumage dans les moteurs à gaz. — Nouveau procédé de Linde, pour l'obtention de très basses températures avec application à la liquéfaction des gaz et à la distillation fractionnée des mélanges gazeux.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1896

Abernethy (James). Mars, 365.

Accidents (Les) du paquebot *Saint-Paul*. Février, 274; — du pont de Rochester. Avril, 655; — sur les chemins de fer en Angleterre. Avril, 659.

Accumulateurs (Les) d'électricité et les moteurs à gaz. Janvier, 127.

Allemagne (Trains rapides en). Juin, 893.

Amérique (Les Sociétés d'Ingénieurs en). Février, 265. (Voir aussi *États-Unis*).

Angleterre (Concours de voitures automobiles en). Janvier, 125; — (Accidents sur les chemins de fer en). Avril, 659.

Automobiles (Les voitures). Janvier, 122; — (Concours de) en Angleterre. Janvier, 125.

Bateaux sous-marins. Mars, 370; (Les grands) à vapeur à roues, Mai, 752; Juin, 884.

Calcium (La fabrication du carbure de). Juin, 890.

Canal (Le) de Manchester. Février, 271; — (Le) de Sault-Sainte-Marie et le canal de Suez. Mai, 763.

Carbure (La fabrication du) de calcium. Juin, 890.

Chaudières (Explosions de). Juin, 894.

Chauffage au combustible pulvérulent. Mars, 364.

Chauffe (La surface de) des locomotives. Mai, 737.

Chemins de fer (Accidents sur les) anglais. Avril, 659.

Cheval (Le) mesure du travail des machines. Mars, 367.

Clark (Daniel Kinnear). Février, 272.

Combustible (Chauffage au) pulvérulent. Mars, 364.

Combustion spontanée des enveloppes de conduites de vapeur. Avril, 657.

Concours de voitures automobiles en Angleterre. Janvier, 125.

Conduites (Combustion spontanée des enveloppes de) de vapeur. Avril, 657.

Découverte du professeur Rœntgen. Janvier, 129.

Eaux (Traitement des) d'égout à Londres. Mai, 761.

Égout (Traitement des eaux d') à Londres. Mai, 761.

Électricité (Les accumulateurs d') et les moteurs à gaz. Janvier, 127.

Enveloppes (Combustion spontanée des) de conduites de vapeur. Avril, 657.

États-Unis (Production minérale aux). Avril, 657; — (Le système métrique aux). Juin, 891. (Voir aussi *Amérique.*)

Expériences sur la résistance au feu des piliers de support des magasins. Mars, 365; — prolongée sur une machine à vapeur. Mai, 762.

Explosion de chaudières à vapeur. Juin, 894.

Exposition (L') nationale suisse à Genève. Avril, 651.

Fabrication (Nouveau procédé de) du gaz. Février, 269; — (La) du carbure de calcium. Juin, 890.

Feu (Expériences sur la résistance au) des piliers de support des magasins. Mars, 363.

Gaz (Les accumulateurs d'électricité et les moteurs à). Janvier, 127; — Nouveau procédé de fabrication du). Février, 269.

Genève (L'Exposition nationale suisse à). Avril, 651.

Ingénieurs (Les Sociétés d') en Amérique. Février, 265.

Locomotives (La surface de chauffe des). Mai, 757.

Londres (Traitement des eaux d'égout à). Mai, 761.

Machines (Le cheval mesure du travail dans les) à vapeur. Mars, 367; — (Expérience prolongée sur une) à vapeur. Mai, 762.

Magasins (Expériences sur la résistance au feu des piliers de support des). Mars, 363.

Manchester (Le canal de). Février, 271.

Mécanique (Un problème de). Mai, 759.

Mesure (Le cheval) du travail des machines à vapeur. Mars, 367.

Métrique (Le système) aux États-Unis. Juin, 891.

Monde (Le train le plus rapide du). Janvier, 131.

Moteurs (Les accumulateurs d'électricité et les) à gaz. Janvier, 127.

Niagara (Le nouveau pont sur le) Mars, 368.

Piliers (Expérience sur la résistance au feu des) de support des magasins. Mars, 363.

Pluies salées. Mars, 371; — Avril, 658.

Pont (Le nouveau) sur le Niagara. Mars, 368; — (Accident du) de Rochester. Avril, 655.

Problème (Un) de mécanique. Mai, 759.

Procédé (Un nouveau) de fabrication du gaz. Février, 269.

Production minérale des États-Unis. Avril, 657.

Profondeurs (Température du sol à de grandes). Janvier, 126.

Résistance (Expérience sur la) du fer des piliers de support des magasins. Mars, 363.

Rochester (Accident du pont de). Avril, 655.

Roentgen (La découverte du professeur). Janvier, 129.

Roues (Les grands bateaux à vapeur à). Mai, 752; Juin, 884.

Sault-Sainte-Marie (Le canal de) et le canal de Suez. Mai, 763.

Sociétés (Les) d'Ingénieurs en Amérique. Février, 265.

Sol (Température du) à de grandes profondeurs. Janvier, 126.

Sondage (Le) le plus profond. Février, 274.

Sous-marins (Bateaux). Mars, 370.

Suez (Le canal de) et le canal de Sault-Sainte-Marie. Mai, 763.

Suisse (L'Exposition nationale) à Genève. Avril, 651.

Surface (La) de chauffe des locomotives. Mai, 757.

Système (Le) métrique aux États-Unis. Juin, 891.

Température (La) du sol à de grandes profondeurs. Janvier, 126.

Train (Le) le plus rapide du monde. Janvier, 131 ; — rapides en Allemagne. Juin, 893.

Traitement des eaux d'égout à Londres. Mai, 761.

Travail (Le cheval mesure du) des machines à vapeur. Mars, 367.

Vapeur (Combustion spontanée des conduites de). Avril, 657; — (Expérience prolongée sur une machine à). Mai, 762; — (Les grands bateaux à) à roues. Mai, 752; Juin, 884; — (L'explosion de chaudières à). Juin, 894.

Voitures (Les) automobiles. Janvier, 122; — (Concours de) automobiles en Angleterre. Janvier, 125.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1896

(Bulletins)

Pages.

Abaques des efforts tranchants et moments de flexion dans les poutres reposant librement sur deux appuis, par M. M. Duplaix, et observations de M. Bertrand de Fontviolant (séance du 21 février). Mémoire . . . . . 192 et 204

Acétylène et son emploi à l'éclairage domestique *(L')*, par M. G. Trouvé (séance du 10 janvier). 37

Adjudication de travaux métalliques faisant partie de l'écluse d'entrée au Donau-Canal (bras du Danube), à Vienne. Lettre de M. le chevalier Th. de Goldschmidt (séance du 10 janvier) 36

Agriculture des colonies françaises à la côte occidentale d'Afrique *(L')*, par M. J. Dybowski (séance du 24 janvier). 46

Bassins houillers de la France *(Extension possible des)*, par M. J. Bergeron (séance du 24 avril). Mémoire. . . . . 397 et 727

Bataille du Yalou, par M. L. de Chasseloup-Laubat, et observations de MM. Hart et Regnard (séances des 10 avril et 19 juin). Mémoire. 391, 479 et 798

Bibliographie, par M. A. Mallet. 143

Canal du Rhône à Marseille *(Projet du)*, par M. A. Hauet, et observations de M. L. Molinos (séance du 21 février). 193

Canal du Rhône à Marseille *(Projet du)*, par M. R. Le Brun, et observations de MM. L. Molinos, E. Badois, J. Fleury, J. Carimantrand et E. Cornuault (séances des 6 et 20 mars) . . . . . 193, 299 et 302

Chroniques nos 193 à 198. . . . . 122, 265, 363, 651, 752 et 884

Cisaillement des métaux *(Le poinçonnage et le)*, par M. Ch. Frémont, mémoire présenté par M. Baclé, et observations de MM. Chaudy, L. Rey, P. Regnard (séance du 20 mars). . . . . 48 et 305

Comptes rendus . . . . . 133, 277, 373, 661, 764 et 895

Concours pour la nomination d'un Ingénieur chargé des travaux à l'École des Arts et Métiers de Châlons (séance du 20 mars) 304

Concours international de projets pour la construction du chemin de fer de la Jungfrau (Suisse) *(Programme du)* (séance du 10 avril) 391

Concours agricole à Saint-Brieuc, du 21 au 28 juin, organisé par la Société des Agriculteurs de France *(Programme du grand)* (séance du 5 juin). 780

Congrès de Carthage, les 1er, 2, 3 et 4 avril 1896. Lettre de l'Association française pour l'Avancement des Sciences (séance du 10 janvier). 36

Congrès des Sociétés savantes, le 7 avril 1896. Lettre de M. le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes (séance du 10 janvier) 36

Congrès des habitations à bon marché tenu à Bordeaux en 1895 *(Compte rendu du)*, par M. E. Cacheux (séance du 21 février). . . 191

Congrès de l'Iron and Steel Institute, à Bilbao, en septembre 1896 (séance du 6 mars). 297

Congrès international de chimie appliquée, à Paris, en 1896. *Délégués : MM. E. Derennes, Ch. Gallois, J. Garçon, P. Gassaud et P. Jannettaz* (séance du 10 avril). 391

Congrès des Chambres syndicales industrielles et commerciales de France, à Paris, en octobre 1896 *(Quatrième). Délégué : M. P. Gassaud* (séance du 5 juin) 781

Congrès international des pêches maritimes, aux Sables-d'Olonne, en septembre 1896. *Délégués : MM. E. Cacheux, A. de Dax* (séance du 19 juin). 794

Croiseurs des diverses puissances *(Les grands)*, par M. G. Hart, et observations de M. L. de Chasseloup-Laubat (séances des 10 avril et 19 juin). Mémoire. . . . . 392, 404 et 798

Décès de MM. B. Bianchi, Ch.-F. Dietz-Monnin, E. Morandiere, Albert Moreau, A.-E. Perrault, Ch. Pinel, G. d'Adelsward, H.-B. Govignon, V. Dubreuil, A.-L. Féraud, Ch.-L. Blot, J. Abernethy, J.-J. Schmerber, A. Gibon, J. Belleville, A. Courtin, L. Daguerre-Dospital, A.-P. Frey, P. Jac, Edmond Roy, P. Stilmant, H. Champonnois, J. de Sá é Silva, A. Mercier, L. Knab, J. Pesaro, F.-L. Serment, Ph. Thézard et Ch. Monard (séances des 10 janvier, 7 et 21 février, 6 et 20 mars, 10 avril, 1er et 15 mai, 5 et 19 juin) 35, 175, 190, 296, 302, 390, 677, 683, 780 et 793

Décorations françaises :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. le comte de Chambrun et E.-V. Pierron.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. Ch.-H. Pédezert, A. Couvreux, J. Avril, M. Bail, J. Bonnassiès, O. Buron, J. Dollfus, E. Gruner, Guyot-Sionnest, J. Manès, A. Savey, Ch. Wehrlin, J. Werth.

Officiers de l'Instruction publique : MM. Baclé, Bonnaud, Ronna, P. Roger, H. Lasne, J. Rueff, H.-M.-G. Vallot, J.-A. Olive.

Officiers d'Académie : MM. Alexandre, Bunel, Marillier, J. Damien, E.-H. Boyer, A. Mesnard.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. J.-E. Bocquin, Lacazette, Louisse, Teisset, A.-E. Simon, Périchon.

Décorations étrangères :

Chevalier de Sainte-Anne de Russie : M. Verdié.

Officiers du Cambodge : MM. E. Cacheux et Michelin.

Officier du Dragon d'Annam : M. E. Cacheux.

Officier du Medjidié : M. H. Forest.

Chevaliers de Léopold de Belgique : MM. Asselin et J. Bonnassiès.

Officier du Nicham-Iftikar : M. Ed. Lippmann.

Commandeurs de la Conceiçao de Villa Viçosa : MM. Douau et A. Maury.

CHEVALIER DE LA COURONNE D'ITALIE : M. C. Canovetti.

CHEVALIER DE L'ORDRE IMPÉRIAL DE VICTORIA : M. M. de Grièges.

(Séances des 10 et 24 janvier, 7 et 21 février, 6 et 20 mars, 24 avril, 1er et 15 mai, 5 et 19 juin) 35, 40, 175, 190, 296, 303, 394, 677, 683, 780 et 793

Diamant et l'or au Transvaal et au Cap *(Les mines de)*, par M. J. Garnier, et observations de MM. A. Brüll et H. Couriot (séance du 6 mars). Mémoire . . . . . 297 et 327

Docks et entrepôts et magasins généraux dans cette ville *(Avis de la Chambre de commerce de Cambrai, informant de la création d'une société pour la construction et l'exploitation de)* (séance du 21 février). 190

Don collectif de glaces nues et argentées, nécessaires à la construction du nouvel hôtel, fait à la Société par : 1° la Société des Manufactures de glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey ; 2° de la Compagnie des Glaces et Verres spéciaux du Nord, à Jeumont ; 3° de la Société anonyme des Verreries et Manufactures de glaces d'Aniche (séance du 20 mars) 303

Dons volontaires en espèces :

MM. A. Cercelet, 100 *f*, G. Filleul-Brohy, 500 *f*, E. Gauthey, 200 *f*, A.-R. Grosdidier, 140 *f*, L.-A. Gonin, 25 *f*, E.-A. Ziffer, 20 *f* (séances des 21 février et 20 mars) . . . . . 190 et 303

Électricité *(Analyse du rapport de la Commission chargée d'étudier les divers systèmes de traction par l')*, par M. G. Dumont 116

Électricité à la traction des trains de grandes lignes et principalement pour l'obtention des grandes vitesses *(Application de l')*, par M. E. de Marchena, et observations de MM. Molinos, J.-J. Heilmann, du Bousquet, A. de Bovet, P. Villain, L. Rey, P. Regnard (séances des 1er et 15 mai) . . . . . 677 et 687

Explosion d'une chaudière à Joinville-le-Pont, par M. Ch. Compère (séance du 15 mai). Mémoire . . . . . 686 et 691

Exposition industrielle et agricole à Moulins, en mai 1896 *(Avis de l'ouverture d'une)* (séance du 6 mars) 297

Exposition de Bordeaux *(Avis de la réception du diplôme de grand prix décerné à la Société à l')* (séance du 6 mars) 297

Exposition nationale Suisse. Lettre de M. A. Boissonnas (séance du 15 mai) 683

Exposition du Théâtre et de Musique au Palais de l'Industrie en juillet 1896 (séance du 15 mai) 683

Exposition de Nijni-Novgorod *(Invitation d'assister à l'inauguration de l')* faite à la Société par M. le Ministre des Finances de Russie. *Délégué : M. F.-L. Caillet* (séance du 5 juin) 781

Forménophone *(Application des vibrations sonores à l'analyse de deux gaz de densité différente, au moyen de l'appareil dit)*, par M. E. Hardy, et observations de MM. H. Couriot, P. Gassaud (séance du 24 janvier) . . . 41

Frein électro-pneumatique de M. Chapsal. Lettre de M. G. Lesourd en réponse à la lettre de M. Walter Strapp (séance du 10 janvier) . . . 34

Hôtel de la Société *(Communication à la Société des projets du nouvel)*, par M. F. Delmas, Architecte de la Société (séances des 10 et 24 janvier) . . . . . 37 et 46

Hôtel de la Société *(Don collectif de glaces nues ou argentées, nécessaires à la construction du nouvel)* fait par : 1° la Société des Manufactures de glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey; 2° de la Compagnie des glaces et verres spéciaux du Nord, à Jeumont; 3° de la Société anonyme des Verreries et Manufactures de glaces d'Aniche (séance du 20 mars) 303

Installation des membres du Bureau et du Comité. *Discours* prononcés par MM. L. Appert et L. Molinos (séance du 10 janvier) 7 et 28

Installations électriques au point de vue de la sécurité *(Analyse de l'ouvrage de M. Monmerqué sur le contrôle des)*, par M. A. Brüll. . 248

Legs de 1 000 francs fait par M. Edmond Roy (séance du 10 avril) 390

Locomotives *(Le rendement des)*, par M. A. Mallet 248

Locomotives électriques, système J.-J. Heilmann *(Les)*, par M. F.-H. Drouin, et observations de MM. G. Hart, L. Molinos et H. de Grièges (séance du 5 juin). Mémoire . . . . . 784 et 807

Machines à écrire *(Les)*, par M. O. de Rochefort-Luçay, et observations de MM. H. Forest, E. Pérignon, P. Regnard (séance du 5 juin). Mémoire 781 et 827

Matériel agricole moderne *(Le)*. Présentation par M. A. Tresca du second volume de son ouvrage (séance du 6 mars) 297

Mécanique des systèmes matériels, par M. A. Gouilly (séance du 24 avril). Mémoire . . . . . 396 et 696

Médaille commémorative à l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de l'introduction du procédé Martin-Siemens, en Russie, décernée par les Ingénieurs des mines russes, à M. F. Valton (séance du 24 janvier). 40

Médaille d'or obtenue par M. J. Damien à l'Exposition du travail (séance du 24 janvier). 40

Membres nouvellement admis . . . . . 6, 174, 294, 389, 676 et 779

Navigation sous-marine *(La)*, par M. G. Pesce et observations de MM. R. Soreau et Duroy de Bruignac (séance du 19 juin) 794

Notices nécrologiques :

Sur M. E.-A. Morandiere, par M. E. Polonceau. 119
Sur M. H.-B. Govignon, par M. J. Dubuisson 358
Sur M. J. de Sa é Silva, par M. A. Thiré 882

Nominations :

De MM. A. Gottschalk et Sazerac, comme membres du conseil d'administration des chemins de fer de l'Etat (séance du 10 janvier) . . 35

De MM. Delaunay-Belleville, Fayol, A. Gottschalk, F. Reymond et X. Rogé, comme membres du Comité consultatif des chemins de fer (séance du 10 janvier) 35

De MM. A. Gottschalk, E. Mayer, E. Pontzen et F. Reymond, comme membres du Comité technique de l'exploitation des chemins de fer (séance du 10 janvier). 35

De M. A. Vivien, comme chimiste expert pour le prélèvement et l'analyse des échantillons d'engrais (séance du 21 février). 190

De MM. A. Couvreux, G. Dumont, L. Coiseau et J. Mesureur, comme membres du Jury du prix Couvreux (séances des 7 et 21 février). 177 et 190

De M. J. Dybowski, comme Directeur de l'Agriculture et du Commerce, à Tunis (séance du 6 mars). 296
De M. L. Neu, comme membre correspondant de la Société dans la région du Nord (séance du 6 mars) 296
De M. G. Pesce, comme conseiller technique honoraire de l'ambassade d'Italie (séance du 10 avril) 390
De MM. A. Brüll et S. Jordan, comme membres de la Commission chargée de déterminer le sujet de concours pour le prix Giffard, en 1899 (séance du 19 juin). 793

Or et le diamant au Transvaal et au Cap *(Les mines d')*, par M. J. Garnier, et observations de MM. A. Brüll et H. Couriot (séance du 6 mars). Mémoire . . . . . 297 et 327

Ouvrages reçus . . . . . 3, 170, 290, 386, 674 et 775

Périodiques reçus par la Société, au 1er janvier 1896 *(Liste des publications)* 149

Planches n° 156 à 173.

Plis cachetés déposés :

Par M. A.-Ch. Barre (séance du 10 janvier) 36
Par M. A.-H. Theurkauff (séance du 10 avril) 391
Par M. F. Guillon (séance du 19 juin) 793

Pneumatiques aux véhicules avec et sans chevaux et conséquences de cette application *(Application des)*, par M. A. Michelin et observations de MM. P. Regnard et L. Molinos (séance du 15 mai). Mémoire . . . . . 683 et 846

Poinçonnage et le cisaillement des métaux *(Le)*, par M. Ch. Frémont, mémoire présenté par M. Baclé, et observations de MM. Chaudy, L. Rey, P. Regnard (séance du 20 mars). Mémoire . . . . . 48 et 305

Poutre continue de section constante *(Nouveau tracé des lignes d'influence des moments dans une)*, par M. L.-M. Langlois 309

Prix Fourneyron, décerné par l'Académie des Sciences, à M. G. Marié (séance du 10 janvier). 35

Prix Giffard *(Nomination du Jury du)* (séance du 24 janvier). 40

Prix et récompenses obtenus par des membres de la Société à l'Exposition internationale de Bordeaux *(Liste des)* (séance du 21 février). . . . . 190 et 195

Prix *(Avis de la réception du diplôme de grand)* décerné à la Société à l'Exposition de Bordeaux (séance du 6 mars). 297

Prix Langlois décerné par l'Académie française à M. E. Horn (séance du 5 juin) 780

Prix Annuel décerné à M. J. Euverte (séance du 19 juin). 792

Prix Couvreux décerné à M. A. de Bovet (séance du 19 juin) 792

Prix Giffard décerné à M. L. Goichot (séance du 19 juin) 792

Rayons Rœntgen *(Les)*, par M. J. Carpentier (séance du 20 mars). . 308

Résistances comparées d'ouvrages métalliques, en maçonnerie, en béton et en ossature métallique de divers systèmes *(Examen des résultats donnés par les expériences de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne sur les)*, par M. Edmond Coignet et observations de MM. F. Chaudy, Bertrand de Fontviolant, E. Badois (séance du 7 février) 177

Sauvetage en France et à l'étranger *(Analyse de l'ouvrage de* M. E. Cacheux sur le), par M. Ed. Lippmann (séance du 24 avril) . . . 395

Situation financière de la Société *(Compte rendu de la)*, par M. H. Couriot, trésorier (séance du 19 juin) 788

Sondage des fleuves du Sénégal *(Lettre de M. Ch. Verrier demandant un Ingénieur pour faire les travaux de)* (séance du 20 mars) 304

Statique grapho-algébrique *(Applications de)*, par M. F. Chaudy . . 315

Télégramme de la Société des Ingénieurs russes et dépêche de L. Molinos, en réponse (séance du 5 juin) 781

Téléphonie *(Résultats d'expériences de communications microtéléphoniques à grandes distances par fil unique non isolé et appareils à appel de sonnerie polarisée et appel phonique par courants d'induction)*, par M. le capitaine Charollois (séance du 21 février). Mémoire . . . . . 192 et 399

Traction par l'électricité *(Analyse du rapport de la Commission chargée d'étudier les divers systèmes de)*, par M. G. Dumont 116

Traction électrique dans les chemins de fer français *(Les progrès de la)*, par M. H. de Grièges, et observations de MM. L. Rey, J.-A. Pulin, L. Molinos, Edmond Coignet, N. Mazen, G. Richard, P. Regnard, G. du Bousquet, R. Varennes, et lettre de M. A. Lencauchez (séances des 7 et 21 février, 16 mars, 15 mai). Mémoire . . . 181, 187, 196, 296 et 682

Travaux publics à exécuter en pays étrangers. Communiqués du ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, et lettre de M. Th. de Goldschmidt (séances des 10 janvier, 7 février, 10 avril, 5 juin) . . . . . 36, 176, 391 et 781

Verres des vitraux anciens *(Présentation par M. L. Appert de son ouvrage sur les)* (séance du 20 mars) 304

Voyage en Suisse et en Autriche-Hongrie (séances des 15 mai et 19 juin) . . . . . 683 et 794

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1896.

Pages.

Bergeron (J.). — Extension possible des différents bassins houillers de la France (bulletin de mai) 727

Brüll (A.). — Analyse de l'ouvrage de M. A. Monmerqué, sur le contrôle des installations électriques au point de vue de la sécurité (bulletin de février) 258

Charollois (Ph.). — Résultats d'expérience de communications micro-téléphoniques, à grandes distances, par fil non isolé (bulletin d'avril). . 399

Chasseloup-Laubat (L. de.). — Considérations sur la bataille du Yalou et les conditions que doivent remplir les navires de guerre (bulletin d'avril) 479

Chaudy (F.). — Applications de statique grapho-algébrique (bulletin de mars). 315

Compère (Ch.). — Explosion d'une chaudière à foyer intérieur amovible à Joinville-le-Pont (bulletin de mai). 691

Drouin (F.). — Les locomotives électriques, système J.-J. Heilmann (bulletin de mai) 807

Dumont (G.). — Analyse du Rapport de la Commission chargée d'étudier les divers systèmes de traction par l'électricité (bulletin de janvier). . . 116

Duplaix (M.). — Abaques donnant par une simple lecture les valeurs maximums des efforts tranchants et des moments de flexion, produits par les surcharges du règlement du 29 août 1891, dans les poutres reposant librement sur deux appuis de niveau, jusqu'à 80 mètres de portée (bulletin de février). 204

Frémont (Ch.). — Le poinçonnage et le cisaillement des métaux (bulletin de janvier). 48

Garnier (J.). — L'or et le diamant au Transvaal et au Cap (bulletin de mars) 327

Gouilly (A.). — Mécanique des systèmes matériels (bulletin de mai). . 696

Grièges (H. de) **fils.** — Des progrès de la traction électrique dans les chemins de fer français (bulletin de février) 196

Hart (**G.**). — Note sur les grands croiseurs des diverses puissances (bulletin d'avril) 404

Langlois (**M.-L.**). — Nouveau tracé des lignes d'influence des moments dans une poutre continue de section constante (bulletin de mars) . . . 309

Mallet (**A.**). — Bibliographie (bulletin de janvier) 143

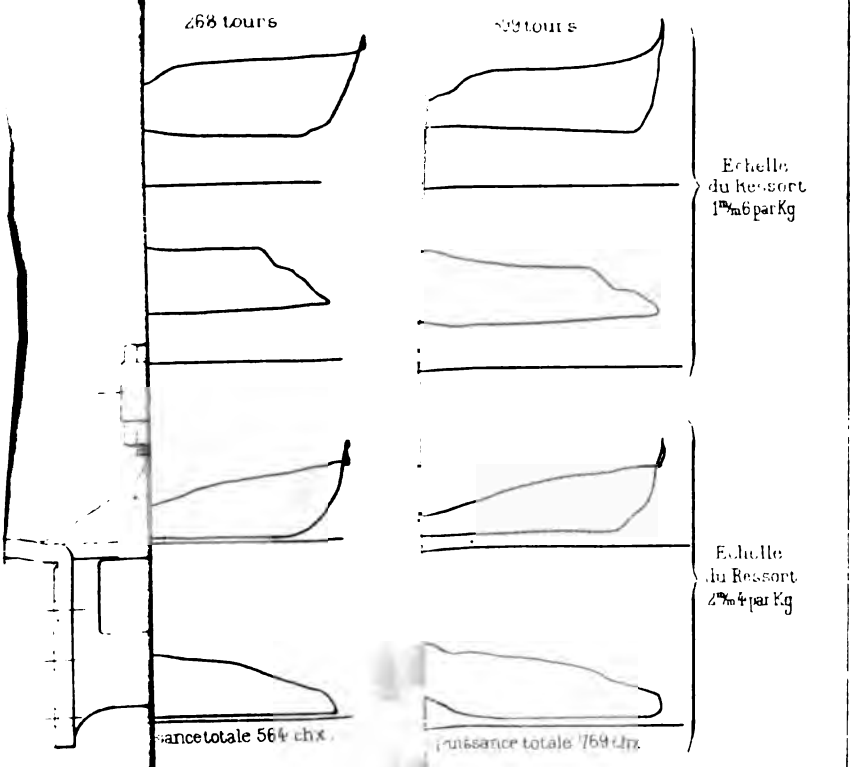
Mallet (**A.**). — Le rendement des locomotives (bulletin de février) . . 248

Michelin (**A.**). — Application du pneumatique aux véhicules avec et sans chevaux; conséquence de cette application (bulletin de juin) . . . 846

Rochefort-Luçay (**O. de**). — Les machines à écrire (bulletin de juin) 827

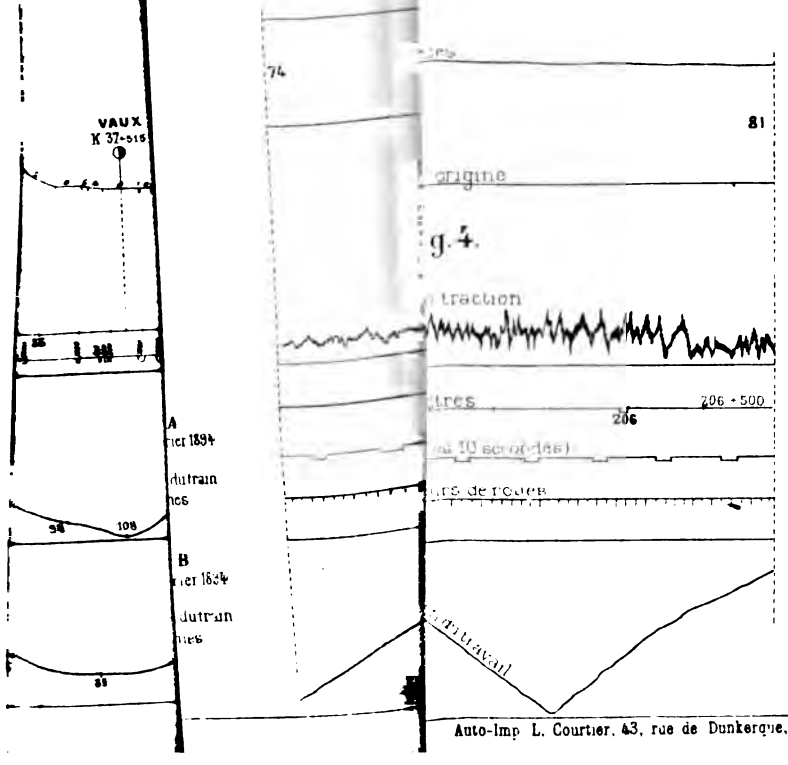
Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 13280-7-96. — (Encre Lorilleux.

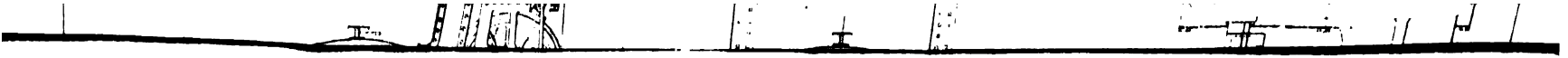


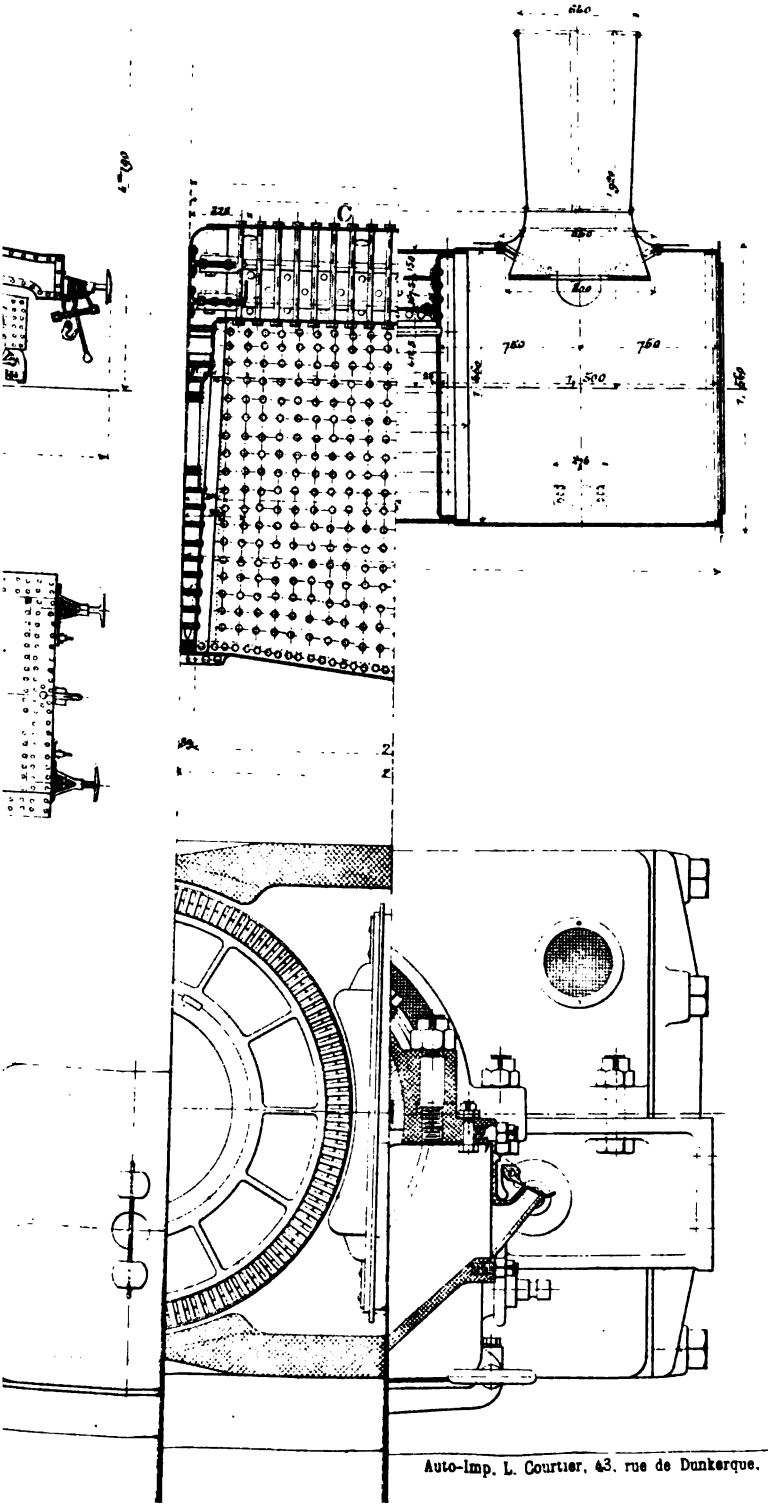
puissance totale 564 chx

puissance totale 769 chx



Auto-Imp L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



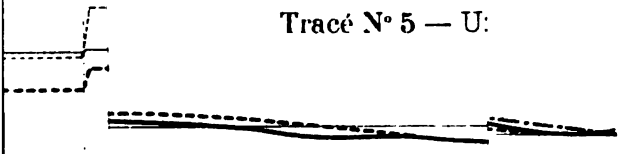


Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

nbre 95

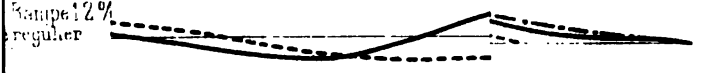
Tracé N° 4 — U1

Tracé N° 5 — U:



Tracé N° 6 — U:

ier 96

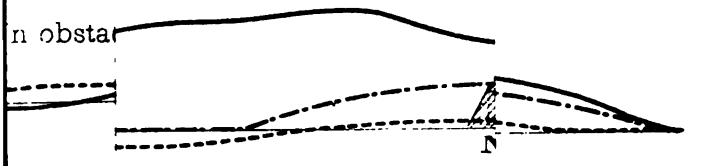


Tracé N° 7 — Tro

Pavé meulil

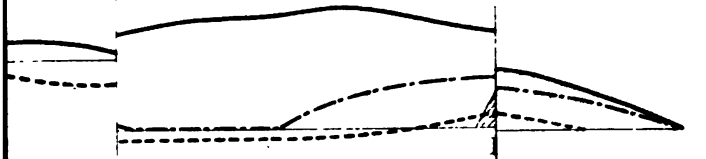
Tracé N° 8 — Troi

n obsta



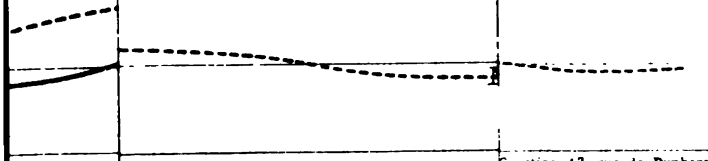
n obsta

Tracé N° 9 — Troi



n obsta

Tracé N° 10 — Tro



Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris.

Fig. 1

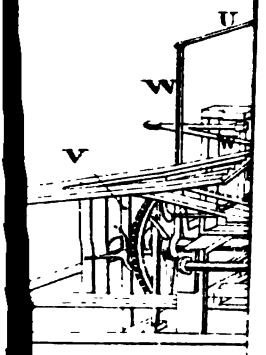


Fig.20.

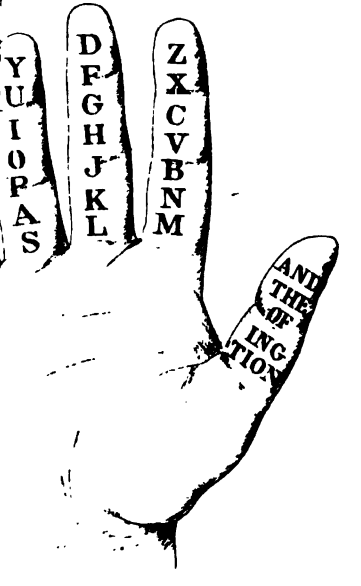


Fig.

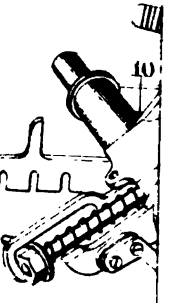


Fig.11.

Fig.18.

Fig. 7.

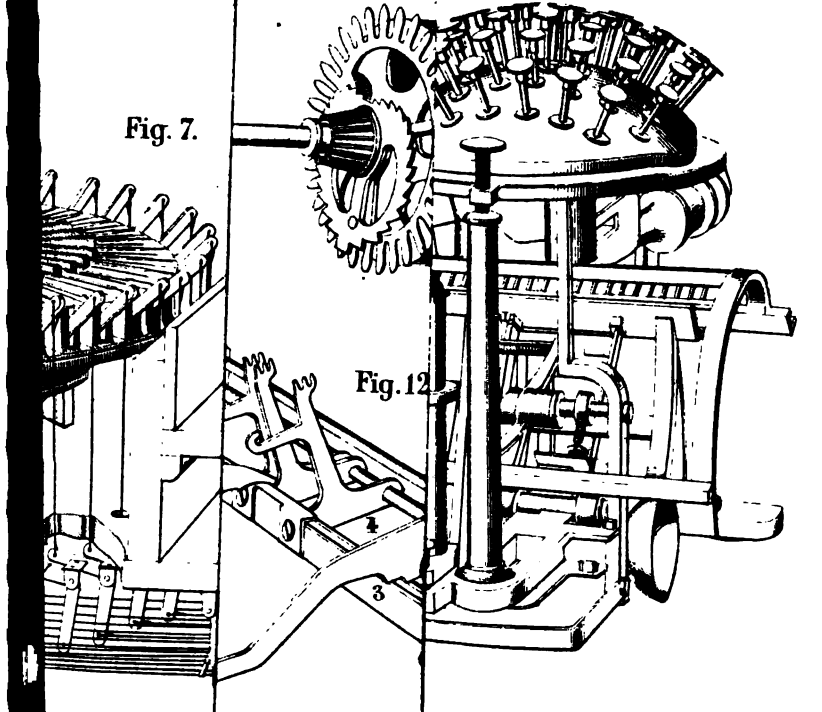
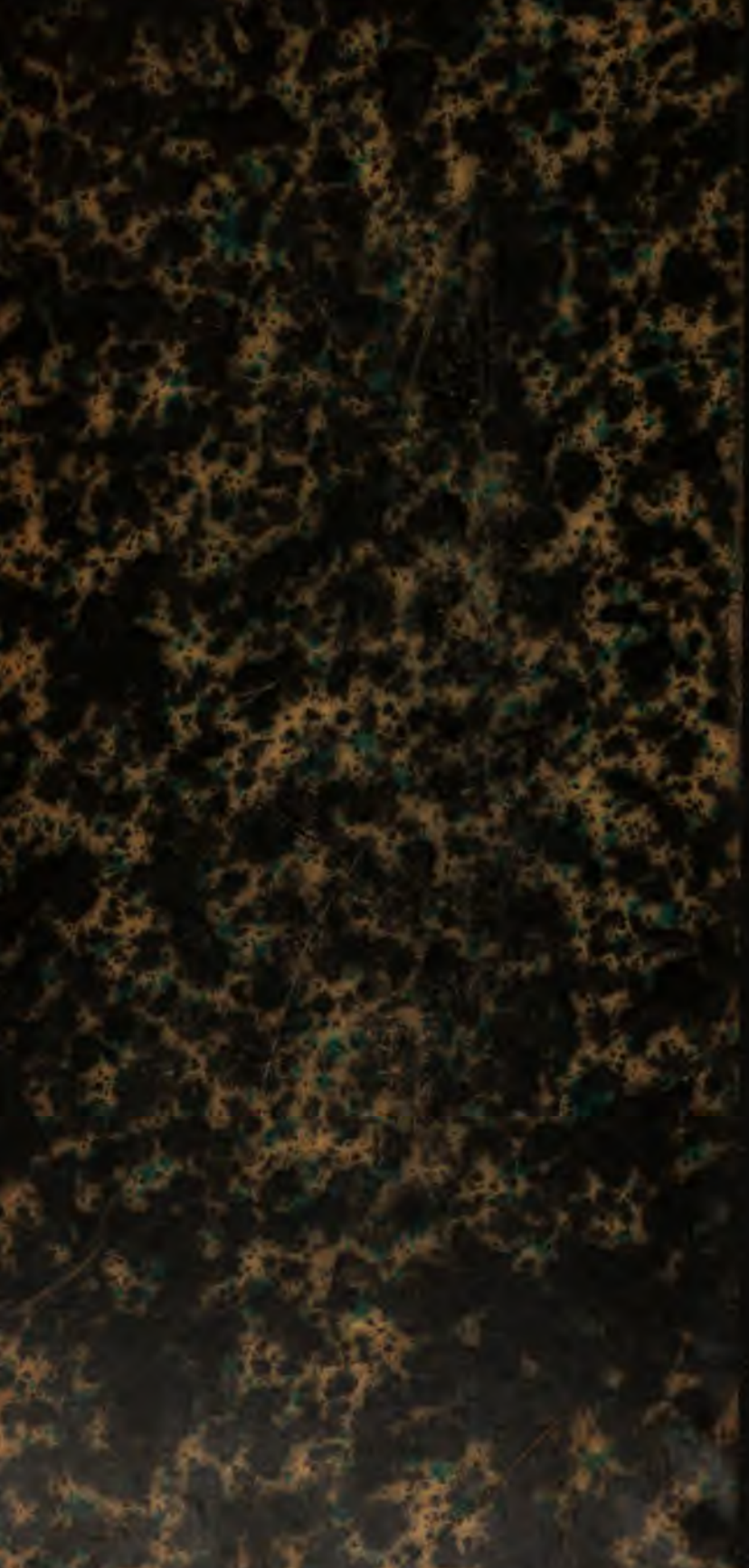


Fig.12.

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.